

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde  
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität  
München

**Immun- und Gesundheitsstatus von Kalb und Kuh in Abhängigkeit von  
dem Haltungssystem und der Jahreszeit**

von **Anna Katrin Weingand**  
aus Schongau

München 2015

Aus dem Veterinärwissenschaftlichen Department  
der Tierärztlichen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Lehrstuhl für Tierschutz, Verhaltenskunde, Tierhygiene und Tierhaltung

Arbeit angefertigt unter der Leitung von:

**Prof. Dr. Dr. Michael Erhard**

Mitbetreuung durch:

**Dr. Elke Rauch**

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität München

**Dekan:** Univ.-Prof. Dr. Joachim Braun

**Berichterstatter:** Univ.-Prof. Dr. Dr. Michael H. Erhard

**Korreferent:** Univ.-Prof. Dr. Rolf Mansfeld

**Tag der Promotion: 18. Juli 2015**

IN LIEBE

MEINEM PAPA

***HEINRICH WEINGAND***

# INHALTSVERZEICHNIS

---

<b>1.</b>	<b>EINLEITUNG.....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>LITERATUR .....</b>	<b>3</b>
2.1.	Immunologie.....	3
2.1.1.	Unspezifisches und spezifisches Immunsystem.....	3
2.1.2.	Maternale Immunität .....	6
2.2.	Kolostrum .....	7
2.2.1.	Bildung und Sekretion.....	7
2.2.2.	Zusammensetzung .....	8
2.2.3.	Immunglobulingehalt .....	8
2.3.	Passive Immunisierung des Kalbes .....	11
2.3.1.	Absorption der Immunglobuline aus dem Kolostrum .....	11
2.3.2.	Unzureichende passive Immunisierung des Kalbes .....	14
2.3.3.	Bedeutung der $\gamma$ -GT als Indikator für die Immunglobulinversorgung des Kalbes.....	17
2.4.	Gesundheitsstatus des neugeborenen Kalbes .....	20
2.4.1.	Rotes Blutbild.....	20
2.4.2.	Weißes Blutbild .....	23
2.4.3.	Thrombozyten.....	23
2.4.4.	Leberenzyme .....	24
2.5.	Immun- und Gesundheitsstatus der Kuh im peripartalen Zeitraum .....	25
2.5.1.	Immunglobuline .....	25
2.5.2.	Rotes Blutbild.....	28
2.5.3.	Weißes Blutbild.....	29
2.5.4.	Thrombozyten.....	31
2.5.5.	Leberenzyme .....	32
2.6.	Immun- und Gesundheitsstatus der Kuh in Abhängigkeit der Jahreszeit..	33
2.6.1.	Immunglobuline .....	33
2.6.2.	Rotes und weißes Blutbild, Thrombozyten und Leberenzyme .....	34
2.7.	Vergleich zweier Haltungssysteme der Milchkuh sowie Vor- und Nachteile von Weidegang .....	37
2.7.1.	Anbindehaltung .....	37
2.7.2.	Laufstallhaltung.....	39

2.7.3.	Weidegang.....	40
2.8.	Immun- und Gesundheitsstatus der Kuh in Abhängigkeit der Haltungsform.....	42
2.8.1.	Messbare Parameter zur Bewertung des Immun- und Gesundheitsstatus.	42
2.8.2.	Indirekte Parameter zur Bewertung des Immun- und Gesundheitsstatus..	44
<b>3.</b>	<b>TIERE, MATERIAL UND METHODEN .....</b>	<b>50</b>
3.1.	Haltung der Kühe .....	51
3.2.	Kälber .....	52
3.2.1.	Haltung und Fütterung.....	52
3.2.2.	Anzahl und Geschlecht.....	52
3.3.	Untersuchte Parameter.....	53
3.3.1.	Entnahme und Aufbereitung der Blutproben – Kühe.....	53
3.3.2.	Entnahme und Aufbereitung der Blutproben - Kälber .....	54
3.3.3.	Entnahme und Aufbereitung der Kolostrumproben .....	54
3.4.	Untersuchung mittels ELISA .....	55
3.4.1.	Puffer und Lösungen .....	55
3.4.2.	Bestimmung von IgG in Serum und Kolostrum.....	56
3.5.	Untersuchung mittels OLYMPUS AU 400 .....	59
3.6.	Untersuchung mittels Scil Vet abc Plus+ .....	59
3.7.	Beurteilung des Verschmutzungsgrades der Kuh.....	60
3.8.	Statistische Verfahren.....	61
<b>4.</b>	<b>ERGEBNISSE.....</b>	<b>68</b>
4.1.	Kalb .....	68
4.1.1.	Kolostrumaufnahme der Kälber .....	68
4.1.2.	Zeitpunkt der Kolostrumfütterung in Abhängigkeit der Jahreszeit .....	69
4.1.3.	Immunglobulin-G (Kalb).....	71
4.1.3.1.	IgG-Konzentration im Serum der Kälber .....	71
4.1.3.2.	IgG-Gesamtaufnahme (g) .....	79
4.1.3.3.	Korrelation zwischen Kolostrummenge (l) und IgG-Gesamtaufnahme (g) .....	82
4.1.3.4.	Korrelation zwischen Zeitpunkt der Kolostrumfütterung und IgG-Konzentration im Serum der Kälber .....	82
4.1.3.5.	Korrelation zwischen der aus dem Kolostrum gesamt aufgenommenen IgG-Menge und der IgG-Konzentration im Serum der Kälber .....	83

4.1.3.6.	Korrelation zwischen IgG-Konzentration im Kolostrum und IgG-Konzentration im Serum der Kälber .....	85
4.1.3.7.	Korrelation zwischen IgG-Konzentration im Serum der Kälber und $\gamma$ -GT-Konzentration im Serum der Kälber.....	86
4.1.4.	Rotes Blutbild (Erythrogramm, Kalb).....	87
4.1.4.1.	Erythrozyten-Konzentration beim Kalb .....	87
4.1.4.2.	Hämoglobin-Konzentration und Hämatokrit beim Kalb .....	88
4.1.5.	Weißes Blutbild (Leukogramm, Kalb) .....	89
4.1.6.	Thrombozyten-Konzentration (Blutplättchen, Kalb) .....	91
4.1.7.	Leberenzyme (Kalb).....	92
4.1.7.1.	Laktatdehydrogenase-Konzentration (LDH).....	92
4.1.7.2.	Glutamatdehydrogenase-Konzentration (GLDH) .....	94
4.1.7.3.	$\gamma$ -Glutamyltransferase-Konzentration ( $\gamma$ -GT) .....	95
4.2.	Kuh .....	98
4.2.1.	Immunglobulin-G im Kolostrum.....	98
4.2.1.1.	IgG-Gehalt im Kolostrum in Abhängigkeit der Jahreszeit.....	98
4.2.1.2.	Immunglobulin-G-Konzentration im Kolostrum in Abhängigkeit des Haltungssystems der Kühe .....	100
4.2.1.3.	IgG-Konzentration im Kolostrum in Abhängigkeit der Anzahl der Laktationen und des Lebensalters .....	101
4.2.2.	Immunglobulin-G im Serum (Kuh).....	103
4.2.2.1.	IgG-Konzentration in Abhängigkeit des Haltungssystems .....	103
4.2.2.2.	IgG-Konzentration in Abhängigkeit der Jahreszeit.....	103
4.2.2.3.	IgG-Konzentration in Abhängigkeit der Laktationsanzahl und des Lebensalters.....	104
4.2.2.4.	Korrelation zwischen IgG-Konzentration im Serum und im Kolostrum	105
4.2.2.5.	IgG-Konzentration post partum.....	105
4.2.3.	Rotes Blutbild (Erythrogramm, Kuh).....	108
4.2.3.1.	Erythrozyten-Konzentration der Kuh .....	108
4.2.3.2.	Hämoglobin-Konzentration und Hämatokrit der Kuh.....	109
4.2.4.	Weißes Blutbild (Leukogramm, Kuh).....	112
4.2.5.	Thrombozyten-Konzentration (Blutplättchen, Kuh) .....	113
4.2.6.	Leberenzyme der Kuh .....	114
4.2.6.1.	Laktatdehydrogenase-Konzentration (LDH).....	114

4.2.6.2.	Glutamatdehydrogenase-Konzentration (GLDH) .....	116
4.2.6.3.	$\gamma$ -Glutamyltransferase-Konzentration ( $\gamma$ -GT) .....	117
4.2.6.4.	Beispiel für den starken Einfluss des Betriebes auf sämtliche Blutparameter .....	118
4.2.7.	Ergebnisse zur Bewertung des Gesundheitsstatus der Kühe .....	121
4.2.7.1.	Körperinnentemperatur der Kuh im post partalen Zeitraum .....	121
4.2.7.2.	Korrelation zwischen Körperinnentemperatur und Verschmutzungsgrad .....	122
4.2.7.3.	Korrelation zwischen Verschmutzungsgrad der Kühe und Haltungssystem.....	122
4.2.7.4.	Korrelation zwischen Lebensalter der Kuh und Haltungssystem.....	124
4.2.7.5.	Tierabgänge in den Haltungssystemen innerhalb des Versuchszeitraumes.....	125
<b>5.</b>	<b>DISKUSSION .....</b>	<b>127</b>
5.1.	Kalb .....	127
5.1.1.	IgG-Konzentration im Serum .....	127
5.1.2.	IgG-Gesamtaufnahme.....	132
5.1.3.	Rotes und weißes Blutbild, Thrombozyten .....	135
5.1.4.	Leberenzyme .....	140
5.2.	Kuh .....	144
5.2.1.	IgG-Konzentration im Kolostrum .....	144
5.2.2.	IgG-Konzentration im Serum .....	147
5.2.3.	Rotes Blutbild.....	152
5.2.4.	Weißes Blutbild.....	154
5.2.5.	Thrombozyten.....	155
5.2.6.	Leberenzyme .....	156
5.2.7.	Körperinnentemperatur der Kuh.....	158
5.2.8.	Haltungsbedingte Einflüsse auf den Gesundheitsstatus der Kuh .....	159
5.3.	Schlussfolgerung .....	161
<b>6.</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG.....</b>	<b>167</b>
<b>7.</b>	<b>SUMMARY.....</b>	<b>169</b>
<b>8.</b>	<b>EIDESSTATTLICHE VERSICHERUNG/ DECLARATION ON OATH .....</b>	<b>171</b>



<b>9.</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>172</b>
<b>10.</b>	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>198</b>
<b>11.</b>	<b>TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>202</b>
<b>12.</b>	<b>TABELLARISCHER ANHANG .....</b>	<b>207</b>

## ABKÜRZUNGEN

---

ANOVA	Analysis of Variances
a.p.	ante partum
Cramer-V	Maß für die Effektstärke kategorialer Werte
d	Cohen d (Effektmaß der Mittelwerte)
d. h.	das heißt
ELISA	Enzyme-Linked Immunosorbent Assay
FPT	Failure of Passive Transfer
g	Gramm
g ( $\gamma$ )-GT	Gamma-Glutamyltransferase
GLDH	Glutamatdehydrogenase
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Wasserstoffperoxid
IgA	Immunglobulin A
IgE	Immunglobulin E
IgG	Immunglobulin G
IgM	Immunglobulin M
kg	Kilogramm
l	Liter
LDH	Laktatdehydrogenase
Max	Maximum
Mcal	Mega-Kalorien
mg	Milligramm
Min	Minimum
ml	Milliliter
MW	Mittelwert
n	Anzahl
nm	Nanometer
p	Irrtumswahrscheinlichkeit/Signifikanz
PBS	Phosphatgepufferte Kochsalzlösung pH 7,2
pFPT	partial Failure of Passive Transfer
p.n.	post natum
p.p.	post partum

r	Korrelationskoeffizient
$r^2$	Bestimmtheitsmaß
SD	Standardabweichung (standard deviation)
SE	Standardfehler (standard error)
TMB	Tetramethylbenzidin
U	Spannung
u. a.	unter anderem
v. a.	vor allem

# **1. EINLEITUNG**

---

In Erwartung der Auflösung der Milchquotenregelung (Kontingentierung) im März 2015 soll eine weitere Liberalisierung des Milchmarktes herbeigeführt sowie die Quotenregelung als Wachstumsbremse abgeschafft werden. Die Zukunft, insbesondere der kleinen Familienbetriebe, ist ungewiss. Die Verkaufszahlen tierischer Produkte, wie z. B. der Liter Milch und das Kilo Fleisch nehmen stetig zu, während sich Landwirte mit einem fortwährend schwankenden und durch zukünftige Entwicklungen auf dem Milchmarkt verstärkten Preiskampf um diese Lebensmittel auseinandersetzen müssen. Die Reaktionen darauf sind steigende Herdengröße und steigende Milchleistung pro Kuh, damit die Arbeitszeit reduziert, Produktionskosten gesenkt und ein Überleben der landwirtschaftlichen Betriebe in Folge möglicher drastischer Rückgänge im Milchzahlungspreis gesichert werden können. In größeren Herden kann aus zeitlichen Gründen nicht auf individuelle Bedürfnisse der Kühe eingegangen werden. Mögliche gesundheitliche Probleme aufgrund von Haltungsmängeln werden dann übersehen oder zu spät erkannt. Aber auch in den derzeit vor allem in Süddeutschland verbreiteten kleinen und oft veralteten Betrieben sind Haltungsbedingungen anzutreffen, die durchaus verbesserungsfähig wären. In der Literatur gibt es zahlreiche -nicht selten widersprüchliche- Studien, die verschiedene Haltungssysteme und deren Auswirkungen auf die Gesundheit und das Wohlbefinden der Kühe thematisieren. Die Beurteilung der Haltungssysteme hinsichtlich ihrer Tiergerechtigkeit oder Tierschutzrelevanz gestaltet sich meist als schwierig. Als gesichert gilt aber, dass mit zunehmender Leistungsorientierung innerhalb der Milchviehpopulation, die Sensibilität der Milchkuh gegenüber Management- und Haltungsfehlern steigt (Waßmuth, 2001).

Von diesem Hintergrund ausgehend, soll mit Hilfe der in der vorliegenden Studie erzielten Ergebnisse über eine quantitative Messung ausgewählter Laborparameter, u. a. der Immunglobuline, ein Beitrag zur Evaluierung des Gesundheits- und Immunstatus von Kalb und Kuh in Abhängigkeit vom Haltungssystem geleistet werden.

Innerhalb des Versuchsjahres von Februar 2013 bis Juni 2014 wurden pro Betrieb der insgesamt 23 teilnehmenden oberbayerischen Milchviehbetriebe zehn Kühe zu jeder der vier Jahreszeiten beprobt. Die Blutentnahmen wurden zu diagnostischen Zwecken im Rahmen der tierärztlichen Bestandsbetreuung durchgeführt. Alle 23 Betriebe wurden in vier verschiedene Haltungssysteme unterteilt (Anbindehaltung ohne bzw. mit Weidegang, Laufstall ohne bzw. mit Weidegang). Außerdem wurde jeweils eine diagnostische Blutuntersuchung von Kuh und

Kalb innerhalb von 72 Stunden post partum bzw. post natum vorgenommen. Die Kolostrumproben der Kühe wurden auf ihren Immunglobulin-G-Gehalt untersucht. Mittels der Serum- bzw. Plasma-Proben konnten hämatologische Parameter sowie die Aktivitäten ausgewählter Leberenzyme bestimmt werden.

Ferner sollte neben einem haltungsbedingten Einfluss auf die Gesundheit und Immunität der Tiere auch eine jahreszeitliche Abhängigkeit der ermittelten Parameter untersucht werden. In vergangenen und gegenwärtigen Veröffentlichungen wird überwiegend über diurnale, aber auch saisonale Konzentrationsschwankungen einiger Blutwerte der Tiere berichtet. Die Berücksichtigung diesbezüglicher Ergebnisse könnte ebenso der Gesunderhaltung der Kühe und Kälber dienen.

## 2. LITERATUR

---

### 2.1. Immunologie

#### 2.1.1. *Unspezifisches und spezifisches Immunsystem*

Das Immunsystem stellt ein komplexes Organ mit diversen dynamischen Funktionen dar. Vor allem kontrolliert es die Integrität des Organismus und dient der Infektionsabwehr. Die Immunabwehr sorgt aber auch in vieler Hinsicht für einen reibungslosen Ablauf vieler physiologischer Prozesse. Klassisch wird es in ein unspezifisches (angeborenes) und in ein spezifisches (adaptives) Immunsystem unterteilt. Rein funktionell arbeiten beide Systeme eng zusammen und können in diesem Zusammenhang nicht getrennt betrachtet werden. Allerdings gibt es zwischen den Systemen Unterschiede bezüglich der Art der Antigenerkennung, dem zeitlichen Verlauf der Immunantwort sowie der Vorgehensweise bei der Erregerbekämpfung. Um auf schnellstem Wege schädliche Mikroorganismen abzuwehren, wird zunächst das unspezifische Abwehrsystem aktiviert. Dazu zählen lösliche Komponenten, wie das Komplement- und Interferonsystem sowie die Akute-Phase-Proteine. Zu den Zellen des angeborenen Immunsystems gehören Monozyten und Makrophagen, Granulozyten, Dendritische Zellen, Mastzellen und natürliche Killerzellen (Lösch et al., 2000; Rainard und Riollot, 2006; Kaspers und Göbel, 2015). Das unspezifische Immunsystem wird sofort aktiviert, sobald pathogene Organismen die epithelialen Zellschichten penetrieren. Diese angeborene Immunreaktion dauert im Idealfall nur wenige Stunden bis zur endgültigen Eliminierung des Erregers (Tizard, 2013). Wird eine inflammatorische Antwort eingeleitet, so wandern vor allem polymorphkernige neutrophile Granulozyten (PMN) aus dem Blut in das Entzündungsgebiet, ein Vorgang, der als Chemotaxis bezeichnet wird (Suriyasathaporn et al., 1999). Durch Phagozytose werden am Entzündungsort pathogene Mikroorganismen durch PMN, aber auch durch Makrophagen aufgenommen. In den Makrophagen wird über eine Oxidase Sauerstoff zu einem hochreaktiven Sauerstoff-Radikal reduziert („oxidative burst“), das in der Lage ist, Bakterien abzutöten und über Exozytose auszuscheiden (Paape et al., 1991).

Dagegen sind Lymphozyten die Zellen des spezifischen Immunsystems. Sie werden aufgrund ihres Herkunftsortes in B- (Bursa fabricii bzw. bone marrow) und T- (Thymus) Lymphozyten

eingeteilt. Die B-Lymphozyten differenzieren sich nach Aktivierung z. B. durch Eindringen von Mikroorganismen, zu Plasmazellen, welche neben ihrer Funktion als Gedächtniszellen darauf spezialisiert sind, Immunglobuline zu bilden und in löslicher Form zu sezernieren (Schütt und Bröker, 2009). Als Gedächtniszellen können sie eindringende Pathogene erkennen und zerstören. Sie lernen von diesem Prozess und können nach Invasion bereits bekannter Erreger diese umso effektiver eliminieren (Tizard, 2013). Es handelt sich also bei den B- Lymphozyten um membranverankerte Immunglobuline oder Antikörper. Die T-Lymphozyten können über ihre Funktion als T-Helferzellen z. B. die Antikörperproduktion durch B-Lymphozyten aktivieren oder als zytotoxische T-Zellen infizierte Zellen töten.

Antikörper bzw. Immunglobuline sind Y-förmige Proteine, die zwei wichtige Funktionen erfüllen: sie können verschiedenste Antigene mit sehr hoher Affinität und Spezifität erkennen und setzen daraufhin immunologische Effektormechanismen gegen das Antigen in Gang. Löst ein immunogenes Antigen (z. B. ein Krankheitserreger) eine Immunantwort aus, so handelt es sich zunächst um die Aktivierung der Komponenten des angeborenen Immunsystems, die innerhalb weniger Stunden das Antigen erkennen und beseitigen. Bleibt dies aber erfolglos, so wird das adaptive Immunsystem aktiviert. Bis aber die sezernierten Immunglobuline im Serum wirksam und für eine diagnostische Serokonversion messbar werden, dauert es durch unterschiedliche Aktivierungs - und Differenzierungsprozesse einige Tage bis Wochen (Sordillo et al., 1997; Schütt und Bröker, 2009). Ein wesentlicher Unterschied zwischen angeborenem und erworbenem Immunsystem liegt in der Expression von Oberflächenrezeptoren, mit Hilfe derer körperfremde Eindringlinge erkannt werden. Die Zellen des angeborenen Immunsystems benutzen eine begrenzte Zahl vorgeformter Rezeptoren, die verschiedenartige Moleküle binden können, welche von zahlreichen Mikroorganismen exprimiert werden. Im Gegensatz dazu bilden die Zellen des erworbenen Immunsystems große Mengen völlig neuer und strukturell einzigartiger Rezeptoren. Diese Rezeptoren sind unspezifisch und können Moleküle sämtlicher eindringender Mikroorganismen erkennen. Immunglobuline werden anhand ihres Molekulargewichtes, ihrer Antigenität und ihrer elektrophoretischen Mobilität in Klassen eingeteilt (Tizard, 2000; Tizard, 2013).

Das Immunglobulin-G befindet sich als Monomer im Serum und im Gewebe. Es wird vor allem bei wiederholten Kontakten mit Antigenen gebildet (Sekundärantwort). Die Immunglobuline können über ihr Fc-Fragment von Zellen des angeborenen Immunsystems (Makrophagen, Granulozyten und dendritische Zellen mit Fc-Rezeptoren) gebunden werden, welche auf ihrer Oberfläche wiederum einen spezifischen Fc-Rezeptor besitzen. So kann das

Immunglobulin-G spezifisch über einen sogenannten Fc $\gamma$ R-Rezeptor gebunden werden. Die Fc-Rezeptoren binden die Antigen-Antikörper-Komplexe und leiten deren Phagozytose ein (Kaspers und Göbel, 2015).

Früher wurde beim Rind zwischen fünf Immunglobulinen unterschieden: IgA, IgM, IgG1, IgG2 und einem Protein mit dem biologischen Charakter von IgE. IgG1, IgG2a und IgG2b werden gewöhnlich als Subklassen dem Immunglobulin G zugeordnet (Butler, 1983; Butler et al., 1987). Nach neueren Erkenntnissen (Tizard, 2013) besitzen Rinder drei IGHG-Gene und deshalb drei Subklassen: IgG1, IgG2 und IgG3. IgG1 repräsentiert circa 50% des Serum-IgG. Die Höhe der Konzentration von IgG2 wird vererbt und variiert deshalb stark unter den Rinderpopulationen. Rinder besitzen einen einzigartigen Fc-Rezeptor auf der Oberfläche von Makrophagen und Neutrophilen, der nur IgG2 binden kann. Für die Infektabwehr besitzen die IgM-, später die IgG- sowie die sekretorischen IgA-Antikörper die größte Bedeutung. IgE-Antikörper haben vor allem eine große Bedeutung bei der Entstehung von Allergien und bei der zellvermittelten Abwehr gegenüber Parasiten (Rolle und Mayr, 1984). Laut Zhao et al. (2006) sind im Serum unter normalen Umständen nicht messbare IgE-Konzentrationen vorhanden und die Konzentration von IgA dürfte einige Hundert Mikrogramm/ml betragen. Im Gegensatz dazu sind die Konzentrationen von IgM, IgG1 und IgG2 im Rinderserum im Milligramm/ml – Bereich einzuordnen (IgM ca. 3,0 mg/ml, IgG1 und IgG2 ca. 10,0 mg/ml, wobei IgG1 deutlich höher konzentriert im Serum vorhanden ist). Im Kolostrum können IgG1 Spiegel von mehr als 100,0 mg/ml erreicht werden und in der Milch ist IgG1 bis zu 10 fach höher konzentriert als alle anderen Immunglobuline.

Beim adulten Rind werden (Butler, 1973; Tizard, 2000) vergleichbar hohe Konzentrationen für die Subklassen IgG1 und IgG2 angegeben, wohingegen im Serum der Kälber als Folge einer hohen kolostralen IgG1-Konzentration, das Immunglobulin-G1 dominiert. Die Konzentrationen von IgG, IgM sowie IgA im Serum adulter Rinder sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

**Tabelle 1:** Immunglobulin-Konzentrationen (mg/dl) des Rindes (IgG, IgM, IgA) in Serum, Kolostrum und Milch (Tizard, 2013)

	<b>IgG</b>	<b>IgM</b>	<b>IgA</b>
<b>Serum</b>	1700-2700	250-400	10-50
<b>Kolostrum</b>	2400-8000	300-1300	100-700
<b>Milch</b>	50-750	10-20	10-50



### 2.1.2. *Maternale Immunität*

Neugeborene verlassen mit der Geburt die sterilen Gegebenheiten, die im mütterlichen Uterus gewährleistet sind und gelangen in eine Umwelt, die sie sofort mit antigenen Reizen konfrontiert (Buschmann, 1990). Um Schädigungen durch diese keimreiche Umwelt zu vermeiden und durch bestimmte Mikroorganismen verursachte Infektionskrankheiten zu bekämpfen, besitzen Neugeborene von Geburt an ein komplexes Abwehrsystem. Genauer gesagt, sind sowohl Foetus als auch das neugeborene Kalb zunächst in ihrer Fähigkeit zur Infekt- bzw. Antigenabwehr auf das unspezifische Immunsystem beschränkt. Erst durch den intensiveren Kontakt mit Krankheitserregern aus der Umwelt erfolgt allmählich eine Reifung der spezifischen Immunabwehr. Dennoch wird in einer Studie von Bender (2004), in der Kälber kolostrumfrei mittels Milchaustauscher aufgezogen wurden, von einer endogenen Synthese geringer Mengen an Immunglobulin-M und teilweise auch Immunglobulin-G innerhalb der ersten Lebenstage ausgegangen. Im Falle der Eigensynthese von IgG muss allerdings schon intrauterin ein gewisser Antigenkontakt stattgefunden haben, sonst wäre in den ersten Lebenstagen eine IgG-Messung im Serum nicht möglich. Dafür spricht auch die Tatsache, dass sich das Immunsystem des Rindes bereits lange vor der Geburt entwickelt (Banks, 1982; Tizard, 2000; Tizard, 2013). Dennoch ist es aufgrund des bovinen Plazentatyps unbedingt erforderlich, dass das neugeborene Kalb durch die Übertragung von maternalen Antikörpern aus dem Kolostrum einen passiven Immunschutz erlangt (Rolle und Mayr, 1984; Bruckmaier, 2015). Nur über die Aufnahme von Erstkolostrum wird laut Bruckmaier (2015) eine ausreichende passive Immunisierung des Neugeborenen gegen zahlreiche Pathogene aus der Umwelt, in der sich Kuh und Kalb aufhalten, ermöglicht. Wiederkäuer haben eine sogenannte Plazenta epitheliochorialis (Rüsse, 1998). Da diese die Passage von Immunglobulinen über die Placenta materna zur Placenta fetalis des ungeborenen Kalbes verhindert, können im Serum des Neugeborenen vor der ersten Kolostrumaufnahme nur geringe IgG-Konzentrationen gemessen werden: IgG1: 0,15 mg/ml, IgG2: 0,06 mg/ml (Erhard et al., 1999a). Das neugeborene Kalb muss innerhalb weniger Stunden nach der Geburt Kolostrum aufnehmen, um die darin enthaltenen, lebenswichtigen Immunglobuline aus dem Darm zu resorbieren (Boyd, 1989; Bruckmaier, 2015; Wolfram und Scharrer, 2015). Diese Fähigkeit, die nur in den ersten 24 Stunden nach der Geburt besteht, erfolgt am Beispiel der IgG1-Aufnahme im Darm des Kalbes mit Hilfe von Rezeptoren (Wolfram und Scharrer, 2015). Nach der ersten Kolostrumaufnahme, die v. a. große Mengen an maternalem IgG liefert, kann bereits 12 Stunden später ein deutlicher Anstieg der IgG-Konzentration im Serum

der Kälber gemessen werden: IgG1: 9,3 mg/ml, IgG2: 0,8 mg/ml (Erhard et al., 1999a). Jedoch verlieren Epithelzellen des Darms bereits 24 Stunden nach der Geburt ihre Fähigkeit, Makromoleküle und somit auch Immunglobuline aus dem Darm zu absorbieren. Dies liegt u. a. an der Sekretion von Verdauungsenzymen in den Darm und weitergehender Reifung der Darmepithelzellen (Quigley und Drewry, 1998). Nicht zu vernachlässigen ist demgegenüber die endogene IgG-Produktion, die ziemlich bald nach der Geburt des Kalbes einsetzt. Somit haben Kälber mit zunehmendem Körpergewicht und Eigensyntheseleistung auch eine erhöhte IgG-Konzentration im Serum (Erhard et al., 1999b). Gelingt der passive Transfer von maternalen Immunglobulinen nicht, so ist mit einer höheren Morbidität und Mortalität aufgrund infektiöser Krankheiten im Leben des Kalbes zu rechnen (Boyd, 1989).

## **2.2. Kolostrum**

### *2.2.1. Bildung und Sekretion*

Da das neugeborene Kalb nicht selbst (aktiv), sondern passiv über Immunglobuline des Muttertieres einen spezifischen Schutz gegenüber Krankheitserregern aufbauen kann, muss es innerhalb der ersten Lebensstunden Kolostralmilch aufnehmen (Rolle und Mayr, 1984). Immunglobuline aus dem Blutplasma der hochträchtigen Kuh werden etwa ab der vierten Woche vor der Kalbung an Rezeptoren der Drüsenzellen des Euters gebunden. In Bezug auf das Immunglobulin-G1 findet ein transzellulärer Transport aus dem Blut durch die Milchdrüsenepithelzellen mittels FcRn-Rezeptoren in das Drüsensekret statt. Die Immunglobuline werden rezeptorgekoppelt über Endozytose aufgenommen und in Vesikel verpackt wieder über Exozytose in das im Hohlraumssystem der Milchdrüse gebildete Sekret abgegeben. In der dritten bis zweiten Woche vor der Geburt erreichen die Immunglobuline ihren maximalen Wert und bilden in der letzten Woche vor dem Abkalben zusammen mit Eiweiß, Lactose und Wasser das sogenannte Präkolostrum, welches nach der Geburt als Erstkolostrum vom Kalb aufgenommen wird. Im Verlauf der fortschreitenden Laktation wird zunächst noch Kolostrum gebildet und sezerniert. So dauert die Kolostralmilchperiode beim Rind bis zum fünften Laktationstag an. Später gleicht das Kolostrum aber zunehmend in seiner Zusammensetzung der reifen Milch (Gürtler und Schweigert, 2000; Bruckmaier, 2015; Wolfram und Scharrer, 2015).

### 2.2.2. *Zusammensetzung*

Die Aufnahme der Kolostralmilch und somit die Übertragung mütterlicher Abwehrstoffe auf das Kalb hat den Sinn, die kritische Zeit von der Geburt bis zur Ausreifung der eigenen Immunabwehr gefahrlos zu überbrücken (Rolle und Mayr, 1984). Das Kolostrum der Kuh hat im Vergleich zur reifen Milch einen höheren Gehalt an Trockenmasse, Gesamtprotein, Casein, Milchserumproteinen und Mineralstoffen, wohingegen Lactose deutlich weniger konzentriert enthalten ist. An Mineralstoffen finden sich hohe Konzentrationen von Natrium, Calcium, Chlorid und Phosphat. Fettlösliche Vitamine A und E, Mengen- und Spurenelemente sowie  $\beta$ -Carotin, welches neben Hämoglobin die typische gelbe bzw. bräunliche Färbung der Kolostralmilch des Rindes verursacht, sind ebenso in hohen Konzentrationen vorhanden. Daneben spielen verschiedene Hormone, wie z.B. Prolaktin und Insulin sowie Wachstumsfaktoren eine wesentliche Rolle für Wachstums- und Differenzierungsvorgänge der Milchdrüse in Vorbereitung der Laktation. Letztere Bestandteile im Erstgemelk der Kuh können vom neugeborenen Kalb allerdings nicht resorbiert werden. Sie haben demnach beim Kalb keine systemischen Auswirkungen, beeinflussen jedoch die Entwicklung des Verdauungsapparates und begünstigen Wachstum und Differenzierung des Darmepithels (Darmzotten). Im Kolostrum kann ebenso eine hohe Aktivität des Enzyms  $\gamma$ -Glutamyltransferase nachgewiesen werden, welches, nachgewiesen im Blut des Kalbes, auf eine vorangegangene Kolostrumaufnahme schließen lassen kann. Das Kolostrum besitzt überdies eine laxierende Wirkung, so dass das Neugeborene beim Absetzen des Mekoniums (Darmpechs) unterstützt wird (Gürtler und Schweigert, 2000; Bruckmaier, 2015).

### 2.2.3. *Immunglobulingehalt*

Immunglobuline sind im Falle des neugeborenen Kalbes einer der wichtigsten Bestandteile im Erstkolostrum, auf die mehr als die Hälfte der Milchserumproteine entfallen. Genauer gesagt, machen Immunglobuline mehr als 95% des Gesamtglobulingehaltes im Kolostrum aus. Die Immunglobuline im Kolostrum des Rindes verteilen sich auf das IgA (7%), IgM (5%) und IgG (85-90%) (Larson et al., 1980; Roy, 1980). Letzteres wird in zwei Subklassen unterteilt, wobei im Kolostrum des Rindes mit einem Anteil von bis zu 81% am Gesamtglobulingehalt das IgG1 dominiert, das aus dem mütterlichen Serum stammt. Das IgG2 ist deutlich weniger konzentriert und die restlichen 19% verteilen sich auf die Immunglobuline A und M, die

mengenmäßig in etwa zur Hälfte lokal in der Milchdrüse gebildet werden. Während IgA und IgM vor allem einen lokalen Schutz der Schleimhäute, wie z. B. der Darmschleimhaut gewährleisten sollen, um die Ansiedlung und Vermehrung von Krankheitserregern an den Schleimhäuten zu verhindern, ist die Fähigkeit zur systemischen Infektabwehr durch das Immunglobulin-G von großer Bedeutung. Das über das Kolostrum aufgenommene und über das Darmepithel in die Blutbahn resorbierte IgG soll systemisch einen schnellen passiven Schutz vermitteln. Im Laufe der Laktation nimmt der Immunglobulingehalt der Milch innerhalb der ersten Tage rasch ab. Beim Rind liegt dennoch der IgG-Anteil am Gesamtglobulingehalt immer noch bei 73%, obwohl die Kuh verhältnismäßig wenig Immunglobulin-produzierende Zellen im Milchdrüsengewebe besitzt und nahezu 100% des kolostralen IgG1 aus dem Serum stammen. Demnach korreliert eine Hypogammaglobulinämie im Serum der Kuh vor der Kalbung mit einer Akkumulation von Immunglobulinen im Kolostrum. Bei Kühen der Rasse Holstein Friesian ermittelten Lambrecht et al. (1982) eine durchschnittliche IgG-Konzentration von 53,6 mg/ml (Nephelometrie), während Pritchett et al. (1991) bei gleicher Rasse einen mittleren IgG-Gehalt von 48,2 mg/ml feststellten (Radiale Immundiffusion). Bender (2004) konnte mittels ELISA ausgewerteter Kolostrumproben eine mittlere IgG-Konzentration von 24,5 mg/ml messen, welche in der Studie von Lack (2006) im Mittel bei 35,7 mg/ml etwas höher konzentriert vorlag. Im Kolostrum stammt die gesamte Menge an IgG, nahezu der gesamte IgM-Gehalt und in etwa die Hälfte der Menge an IgA aus dem Blutstrom der Rinder. In der reifen Milch hingegen werden nur noch 30% der IgG-Menge und 10% von IgA aus dem Blut in die Milchdrüse transportiert (Tizard, 2013). Die Konzentration des Immunglobulin-G am Gesamtglobulingehalt beträgt danach nicht mehr als 7%, wobei nun das Immunglobulin-A eine bedeutendere Rolle spielt (Butler, 1983; Rolle und Mayr, 1984). Nach Tizard (2013) sind die Konzentrationen der Immunglobuline im Serum, Kolostrum und Milch in Tabelle 1 zusammengefasst.

Der Immunglobulingehalt im Kolostrum kann von verschiedenen Faktoren beeinflusst werden: Studien haben ergeben, dass nicht die Kolostrummenge durch eine hohe Außentemperatur beeinflusst werden kann, aber durchaus die kolostrale Zusammensetzung. Der Anteil an Fett, Laktose, Energie, IgG und IgA ist insgesamt geringer als der, der im Kolostrum von Kühen gemessen wird, die in einer thermoneutralen Umwelt gehalten werden (Pritchett et al., 1991). Dies kann durch die Untersuchungen von Lambrecht et al. (1982) bestätigt werden, aus denen ein jahreszeitlicher Einfluss auf die Kolostrumqualität hervorgeht. Demnach ist das Kolostrum in der kälteren Jahreszeit (Winterhalbjahr) höher an

Immunglobulin-G konzentriert als in den wärmeren Sommermonaten.

Je größer die Menge des Erstgemelks ist, desto geringer ist der IgG-Gehalt im Kolostrum, wohingegen mit zunehmender Laktationszahl die IgG-Konzentration im Kolostrum steigt. Bei Kühen mit drei oder mehr Laktationen ändert sich der IgG-Gehalt allerdings nicht mehr signifikant (Pritchett et al., 1991). In den Untersuchungen von Heyn (2002) weisen erst- und zweitlaktierende Kühe eine durchschnittliche kolostrale IgG-Konzentration von 49,6 mg/ml auf, während Kühe mit fünf oder mehr Laktationen durchschnittliche IgG-Konzentrationen von 93,2 mg/ml erreichen. Neben der Anzahl der Laktationen, haben auch die Rasse und die Dauer der Trockenstehzeit einen Einfluss auf die Kolostrummenge und somit auf deren Immunglobulin-Gehalt (Muller und Ellinger, 1981; Besser et al., 1991; Pritchett et al., 1991). Je länger die Dauer der Trockenstehperiode, desto geringer ist der IgG-Gehalt im Kolostrum. Demgegenüber haben jüngere Kühe jedoch, deren Milchdrüsengewebe sich noch vollends entwickeln muss, ein kleineres Erstgemelksvolumen im Vergleich zu pluriparen Kühen und geringere IgG-Konzentrationen sowohl im Kolostrum als auch im Serum. Da die Immunglobuline über FcRn-Rezeptoren (Bruckmaier, 2015) aus dem Serum in die Milchdrüse übertragen werden, wird angenommen, dass mit zunehmender Entwicklung der Milchdrüse und zunehmendem Alter der Kühe, auch dieses spezialisierte Transportsystem ausreift und folglich höhere IgG-Werte gemessen werden (Devery-Pocius und Larson, 1983). Laut Tyler et al. (1999) haben Kühe mit mindestens zwei Laktationen im Vergleich zu Färsen eine um 19,4 mg/ml höhere IgG-Konzentration im Kolostrum. Hohe Immunglobulin-Konzentrationen in der Milchdrüse werden allerdings auch bei Entzündungen im Euter beobachtet (Sordillo et al., 1997). Demgegenüber behaupten Maunsell et al. (1998), dass der IgG-Gehalt im Kolostrum bei Kühen mit subklinischer Mastitis zum Zeitpunkt der Abkalbung nicht wesentlich beeinflusst wird. Kaufmann (2012) spricht jedoch von einem reduzierten Antikörper-Gehalt im Kolostrum, wenn die Kuh an einer Mastitis erkrankt ist.

Wird die Kuh nach der Kalbung innerhalb von zwei Stunden gemolken, so ist das gewonnene Erstgemelk reicher an Immunglobulin-G, als wenn es erst ab der sechsten, 10. und 14. Stunde post partum gewonnen wird (Moore et al., 2005). Eine weitere Studie beschreibt einen reduzierten Antikörper-Gehalt im Kolostrum beim erstmaligen Melken der Kuh ab der achten Stunde nach der Kalbung (Kaufmann, 2012).

Laut Kaufmann (2012) kann die Zusammensetzung der Immunglobuline im Kolostrum durch eine Mutterschutzimpfung positiv beeinflusst werden. Die gegen die geimpften Keime gebildeten, spezifischen Antikörper zirkulieren vermehrt im Blut des Muttertieres und gelangen bei rechtzeitig durchgeführter Impfung im Trockenstehen (zum Zeitpunkt der

Kolostrumproduktion) ca. vier Wochen vor der Geburt, vermehrt ins Kolostrum. Das Kolostrum wird dadurch mit spezifischen Antikörpern gegen die geimpften Keime angereichert.

## **2.3. Passive Immunisierung des Kalbes**

### *2.3.1. Absorption der Immunglobuline aus dem Kolostrum*

Die Übertragung maternaler Immunglobuline erfolgt beim neugeborenen Kalb über die aufgenommene Kolostralmilch. Über Endozytose (Einstülpung der Zellmembran zwischen den Mikrovilli) und Exozytose erfolgt die intestinale Resorption der Antikörper in der frühen postnatalen Phase. Sie werden von Vesikeln umschlossen und gelangen von der BSM (Bürstensaummembran) der Dünndarmepithelzelle zur BLM (Basolateralmembran). Während des transzellulären Transports, für den der gleiche Rezeptortyp (FcRn) zuständig ist, über den ebenso der Immunglobulin-Transport ins Milchdrüsenepithel erfolgt (Bruckmaier, 2015), nehmen die Vesikel an Größe zu und bilden größere Vakuolen. Diese entleeren sich und geben die Immunglobuline als Makromoleküle an der Zellbasis ab. Danach gelangen die Immunglobuline durch Exozytose ins Interstitium und werden hauptsächlich über Lymphkapillaren abtransportiert, die im Gegensatz zu Blutkapillaren ein weniger dichtes Endothel besitzen und leichter penetriert werden können. Um die Immunglobuline im Gastrointestinaltrakt vor vollständiger Verdauung zu schützen, besitzt die Kolostralmilch einen sogenannten Trypsininhibitor. Daneben werden bei Neugeborenen nur geringe Mengen an Magensäure und Pepsinogen sezerniert (Tizard, 2013; Wolfram und Scharrer, 2015). In Studien wird beschrieben, dass es hinsichtlich der Effizienz der Absorption verschiedener Immunglobulinklassen Unterschiede gibt. Im Vergleich zum Immunglobulin-M werden die Immunglobuline IgG1 und IgG2 mit geringerer Effizienz aus dem Darmlumen absorbiert, während jedoch IgG und IgA zeitlich gesehen scheinbar früher als IgM im Blutkreislauf erscheinen, wobei wiederum eine maximale IgG-Konzentration früher erreicht wird als bei IgM und IgA (Bush und Staley, 1980).

In der englischsprachigen Literatur versteht man laut Lecce und Morgan (1962) unter "closure": "the cessation of absorption of macromolecules from gut to blood in neonates". Nach einigen Stunden post natum ist das Dünndarmepithel nicht mehr permeabel für

Immunglobuline. Deren Absorption in den Blutkreislauf ist somit nach einer gewissen Zeit nicht mehr möglich. Bei Kälbern, die keine Kolostralmilch nach der Geburt erhalten, sinkt bereits 12 Stunden post natum die Absorptionsfähigkeit kolostraler Immunglobuline aus dem Intestinaltrakt und durchschnittlich nach 24 Stunden ist keine Aufnahme von Immunglobulinen mehr möglich. Durch die Aufnahme von Kolostrum kurz nach der Geburt setzen früh Absorptionsvorgänge am Dünndarmepithel ein. Dabei spielt die Menge an Kolostrum keine Rolle. Ebenso gibt es für die verschiedenen Immunglobulinklassen keine zeitlichen Variationen in der Beendigung der Absorptionsvorgänge. Wird das Kalb direkt nach der Geburt mit Kolostrum versorgt, so endet die Absorption für IgG nach 21 Stunden, für IgM und IgA nach 23 Stunden. Wenn jedoch kein Kolostrum innerhalb der ersten 24 Lebensstunden getränkt wird, so ist die Permeabilität für Immunglobuline nach 33 Stunden (IgG), 31 Stunden (IgM) und 32 Stunden (IgA) unmöglich. In diesem Fall verkürzt sich die Absorptionsfähigkeit für das Immunglobulin-G von ca. 21 Stunden nach rechtzeitiger Kolostrumgabe, auf eine Zeitspanne für eine mögliche IgG-Absorption von nur 8 Stunden, wenn Kolostrum verspätet getränkt wird (Stott et al., 1979a). Nach neueren Erkenntnissen ist eine Permeabilität des Darmes direkt nach der Geburt am besten gegeben und nimmt nach ungefähr sechs Stunden post natum ab. Vermutlich werden die Epithelzellen, die mit FcRn-Rezeptoren ausgestattet sind, durch andere Epithelzellen im Darm ausgetauscht, die diese Rezeptoren nicht exprimieren. Generell nimmt die Absorption aller Immunglobulinklassen nach ungefähr 24 Stunden post natum drastisch ab. Je später der Zeitpunkt der Kolostrumfütterung ist, desto verspäteter (bis zu 33 Stunden) beginnt der sogenannte „gut closure“, das Ende der Fähigkeit zur Resorption der Immunglobuline (Tizard, 2013).

Der genaue Zeitpunkt der ersten Kolostrumfütterung hat ebenso wie die Kolostrummenge einen entscheidenden Einfluss auf die Absorptionsrate der Immunglobuline. So werden die höchsten Werte ermittelt, basierend auf einer erhöhten Serum-Immunglobulin-Konzentration, wenn die Kolostrumgabe innerhalb der ersten vier Lebensstunden und die Messung der Immunglobuline nicht später als vier Stunden nach der Tränkung erfolgt. Kälber, die 2 l Kolostrum innerhalb der ersten vier Stunden post natum erhalten, haben laut Stott et al. (1979b) eine höhere Absorptionsrate mit einer IgG-Konzentration von durchschnittlich 14,9 mg/ml, als Kälber, die nur 1 l (IgG: 8,5 mg/ml) und 0,5 l (IgG: 4,5 mg/ml) Kolostrum bekommen und behalten diese Absorptionsfähigkeit während nachfolgender Mahlzeiten auch bei (Stott et al., 1979c). Dies impliziert nach Meinung der Autoren, dass 2 l Kolostrum eine ausreichende Menge für das Kalb ist, um die zur Absorption fähigen intestinalen Zellen zu sättigen. Somit hat die Kolostrummenge einen gravierenden Einfluss auf die Immunglobulin-

Absorption, wohingegen die Konzentration an Immunglobulinen im Kolostrum die Absorptionsrate und -menge scheinbar nicht beeinflusst. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Rauch et al. (2015), die ebenfalls eine steigende IgG-Konzentration im Serum der Kälber mit zunehmender Menge des verabreichten Erstkolostrums nachweisen konnten. Eine errechnete Steigung von 2,0 mg/ml verdeutlicht die Höhe des IgG-Konzentrationsanstieges im Serum der Kälber mit jedem weiteren Liter verfütterten Kolostrums.

Eine Besonderheit unter den Immunglobulinklassen bezüglich der Absorptionseffizienz stellt das IgM dar. Aufgrund seines Molekulargewichtes (IgM: 1.000.000; IgG: 150.000; IgA: 170.000) wird es weniger schnell in den Blutkreislauf resorbiert und höhere Konzentrationen werden erst ab der 4. - 8. Stunde nach Kolostrumgabe (2 l) gemessen (Stott et al., 1979b). In einer Studie von Conneely et al. (2014) wird die Gabe eines Kolostrumvolumens von 8,5% des Körpergewichtes des Kalbes innerhalb der ersten zwei Lebensstunden post natum empfohlen. Damit würden die Kälber innerhalb der ersten drei Lebensstage höhere IgG-Konzentrationen erzielen, als Kälber, denen ein Kolostrumvolumen von 7,0% bzw. 10,0% des eigenen Körpergewichtes angeboten wurde.

In einer weiteren Studie von Stott et al. (1979d) konnte festgestellt werden, dass der passive Transfer von Immunglobulinen, insbesondere die maximale Absorptionsrate von Immunglobulinen aus dem Dünndarm, bei den Kälbern, die Kolostrum direkt vom Euter der Mutterkuh aufnehmen, höher liegt als bei Kälbern, die mittels Saugflasche gefüttert werden. So beträgt die IgG-Konzentration bei Kälbern, die bei der Mutter Kolostrum aufnehmen im Durchschnitt 22,1 mg/ml, im Gegensatz zu 14,9 mg/ml IgG bei Kälbern, die mit 2 l Kolostrum aus der Flasche getränkt wurden. Vermutet wird ein spezieller Faktor (möglicherweise ein Hormon im Drüsensekret oder ein Enzymatisches System, das spezifische Resorptionsvorgänge im Darmepithel aktiviert), der im frischen Kolostrum auf das Kalb übertragen wird und wie ein Botenstoff die pinozytotische Aktivität der Darmepithelzellen sowie einen raschen Transport kolostraler Makromoleküle durch die Zelle in den Blutkreislauf stimuliert. Ähnlich positive Effekte durch das Saugen bei der Mutter auf die Immunglobulin-Resorption beschreibt Tizard (2013).

Neuere Untersuchungen zeigen, dass einerseits, wie schon beschrieben, größere Kolostrumvolumina mit einer erhöhten IgG-Absorption und Serum-IgG-Konzentration beim Kalb verbunden sind. Auch können durch größere Kolostrummengen keine Krankheiten der Kälber oder Unwohlsein beobachtet werden. Andererseits wirkt sich – im Gegensatz zu den Erkenntnissen aus den Studien von Stott et al. (1979) – eine hohe kolostrale IgG-Konzentration positiv auf eine hohe Serum-IgG-Konzentration aus. Bei gleichbleibenden



Volumina steigt der IgG-Gehalt im Serum, wenn das Kolostrum eine hohe IgG-Konzentration aufweist. Es konnte sogar festgestellt werden, dass ein Kolostrum mit geringem IgG-Gehalt auch bei Verdoppelung des Milchvolumens keine Steigerung in der Serum-IgG-Konzentration erzielte (Morin et al., 1997; Weaver et al., 2000).

Da der transzelluläre Transport von Immunglobulinen in den Darmepithelzellen rezeptorgekoppelt ist (FcRn-Rezeptor) (Kaspers und Göbel, 2015), ist die Sättigung der Oberflächenrezeptoren bei sehr großen Kolostrummengen mit geringem IgG-Gehalt schnell erreicht und somit die Absorption wichtiger Immunglobuline nicht vollends gegeben. Deshalb sind wohl kleinere, aber an IgG-hochkonzentrierte Kolostrummengen sehr viel wichtiger (Jaster, 2005). Eine physiologisch limitierte Absorptionsfähigkeit für die Menge an Immunglobulinen aus dem Kolostrum wird ebenso von Besser et al. (1985) beschrieben. Laut Tizard (2013) sowie Kaspers und Göbel (2015) binden die kolostralen Immunglobuline an neonatale Fc-Rezeptoren (FcRn), die sich auf den Darmepithelzellen der Kälber befinden. Sobald die kolostralen Immunglobuline an den FcRn-Rezeptoren gebunden sind, werden sie von den intestinalen Zellen aufgenommen und gelangen über deren Kapillarnetz schließlich in die Blutbahn des Kalbes.

Hohe Cortisolspiegel im Kalb, bedingt durch exogene Stressoren post natum, wie z. B. Kälte oder ein stressreicher Geburtsverlauf, wirken sich allerdings nicht nachhaltig auf die Immunglobulinresorption aus (Olson et al., 1980). Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Riedl et al. (2004). Sie konnten keinen Zusammenhang zwischen der post natalen Plasmacortisol-Konzentration und der sechs Stunden post natum gemessenen IgG-Konzentration herstellen.

### 2.3.2. *Unzureichende passive Immunisierung des Kalbes*

Für einen sicheren Immunschutz des Kalbes ist eine ausreichende Kolostrumversorgung unmittelbar nach der Geburt von großer Bedeutung. Innerhalb der ersten 24 Lebensstunden können Makromoleküle (wie Immunglobuline) ungehindert die Darmepithelzellen permeieren und in den Blutkreislauf gelangen. IgG-Konzentrationen von weniger als 10,0 mg/ml im Serum des Kalbes (Bovine Alliance on Management and Nutrition, 1995) indizieren einen fehlerhaften passiven Transfer (Failure of passive transfer = FPT). FPT ist keine Krankheit, schafft aber eine Prädisposition für die Entstehung von Krankheiten bei Kälbern. Aus einer aktuellen Studie von Rauch et al. (2015) geht hervor, dass es im letzten Jahrzehnt unter den Kälbern, die nicht ausreichend mit kolostralem Immunglobulin-G versorgt wurden, nur eine geringgradige Verbesserung hinsichtlich ihrer Kolostrumversorgung und der daraus

resultierenden Immunglobulin-Resorption gegeben hat. Für das Entstehen eines FPT gibt es zahlreiche mögliche Ursachen. Nach Tizard (2013) kommen drei Hauptgründe in Frage, die zu einem FPT führen können: Das Kolostrum der Mutter ist in Menge oder Qualität ungenügend (production failure). Dies ist dann der Fall, wenn es zu einer Frühgeburt kommt oder wenn schon lange vor dem Geburtszeitpunkt die Laktogenese einsetzt bzw. die Kuh Milch laufen lässt. Eine weitere Ursache für eine gescheiterte Immunglobulinversorgung aus dem Kolostrum ist eine inadäquate Kolostrumaufnahme durch das Kalb (ingestion failure). Lebensschwache Kälber mit schlecht ausgeprägtem Saugreflex oder physiologischen Problemen (z. B. abnorme Kieferentwicklung, Gaumenspalten) sind oft nicht in der Lage, ausreichende Kolostrummengen aufzunehmen. Schließlich spricht der Autor von einer intestinalen Resorptionsstörung (absorption failure).

Prinzipiell kommen alle Faktoren in Frage, die eine ausreichende Absorption kolostraler Immunglobuline beeinträchtigen (Weaver et al., 2000). Somit beeinflussen die Menge an Kolostrum sowie das Alter der Kälber bei der ersten Kolostrumaufnahme die Absorptionsrate an Immunglobulinen. Weaver et al. (2000) sprechen sich ebenso dafür aus, dass der optimale passive Transfer von Immunglobulinen über das Darmepithel innerhalb der ersten vier Lebensstunden des Kalbes stattfindet und dieser ab der 12. Lebensstunde post partum sehr rasch abnimmt. Außerdem kann der Darm bei einer verspäteten Kolostrumfütterung von Mikroorganismen besiedelt werden, die für die hohen Morbiditäts- und Mortalitätsraten von Kälbern mit geringem Serum-IgG verantwortlich sein können (Stott et al., 1979a; Stott et al., 1979b; Stott et al., 1979c). Bei größeren Kolostrummengen konnten Kühne et al. (2000) am Tag 7 post natum größere Gesamtprotein- und Globulin-Gehalte nachweisen. Nach Morin et al. (1997) erreichen Kälber einen höheren IgG-Wert im Serum, wenn sie Kolostrum erhalten, das ebenso reich an Immunglobulin-G ist. Um eine mangelhafte Immunglobulinversorgung zu unterbinden, wird empfohlen, das Kalb mit mindestens 100,0 g Immunglobulin innerhalb der ersten 12 Lebensstunden zu versorgen (Kruse, 1970). In einer aktuelleren Studie von Osaka et al. (2014), wird zur Vermeidung eines FPT in neugeborenen Kälbern eine Kolostrummenge von mindestens drei Litern und einer IgG-Konzentration von mindestens 40,0 mg/ml innerhalb der ersten sechs Lebensstunden post natum empfohlen. Der Zeitpunkt der Kolostrumfütterung nimmt laut Todd und Whyte (1995) keinen Einfluss auf die Serum-Immunglobulin-Konzentrationen. Es konnten in deren Untersuchung keine Zusammenhänge bei zu unterschiedlichen Zeitpunkten gefütterten Kälbern und ihrer Immunglobulin-Resorption hergestellt werden. Bei einem Serum-IgG-Gehalt von mehr als 8,0 mg/ml 24 Stunden post natum, kann sich das Kalb noch völlig normal entwickeln (Erhard und Heyn,

2003). Welche Tränkemethode das Kalb optimal mit Kolostrum und damit mit Immunglobulinen versorgt, spielt keine Rolle (Besser et al., 1991; Kaske et al., 2005). Sowohl werden bei Kolostrumgaben mittels Saugflasche als auch über die Schlundsonde bei einer ausreichenden Kolostrummenge (3 Liter) hohe Absorptionsraten für Immunglobulin-G erreicht. Gibt man aber kleinere Kolostrummengen, so empfiehlt sich die Saugflasche als Mittel der Wahl, da einerseits durch die Auslösung des Schlundrinnenreflexes das gesamte Kolostrumvolumen auch im Abomasum ankommt und andererseits ein erhöhter passiver Transfer von Immunglobulinen mit höheren Serum-IgG-Werten nachgewiesen wurde (Godden et al., 2009). In einigen Studien wird darauf hingewiesen, dass Häufungen eines FPT unter Kälbern beobachtet wird, die bei ihrer Mutter zur selbstständigen Kolostrumaufnahme am Euter belassen werden (Besser et al., 1991; Weaver et al., 2000). McGuirk und Collins (2004) empfehlen, das Kalb innerhalb der ersten ein bis zwei Lebensstunden von der Mutter zu trennen und ein hygienisch einwandfreies Kolostrum mittels Saugflasche oder Schlundsonde zu verabreichen. Auch konnten Franklin et al. (2003) in ihren Untersuchungen aufzeigen, dass mittels Saugflasche getränkte Kälber einen höheren passiven Immuntransfer, der über die Gesamtproteinbestimmung ermittelt werden konnte, aufwiesen als Kälber, die Kolostrum von der Kuh aufnahmen. Diese Theorien können nur teilweise von anderen Autoren bestätigt werden: Heyn (2002) konnte in ihren Untersuchungen zur kolostralen IgG-Versorgung von Kälbern, die mittels Schlundsonde gefüttert wurden und Kälbern, die beim Muttertier belassen wurden, keine großen Diskrepanzen hinsichtlich des IgG-Gehaltes im Serum aufzeigen (23,7 mg/ml versus 22,5 mg/ml). Ebenso wiesen Kälber, die mittels Eimer ihre erste Kolostrumtränke erhielten, geringere IgG-Gehalte auf (IgG: 12,8 mg/ml) als Kälber, die über die Schlundsonde getränkt wurden (IgG: durchschnittlich 22,6 mg/ml). Zu ähnlichen Erkenntnissen kamen Quigley et al. (1995), deren Untersuchungen erhöhte IgG- und IgM-Konzentrationen im Serum von Kälbern ergaben, die Kolostrum direkt von der Mutter aufnahmen. Auch Selman et al. (1971) kamen zu dem Schluss, dass am Muttertier säugende Kälber nach 48 Stunden durchschnittlich höhere Serum-IgG-Konzentrationen aufweisen als Kälber, die getrennt von ihrer Mutter gehalten werden. Ähnliche Ergebnisse erzielten Suh et al. (2003), die die Immunglobulinversorgung von Saugkälbern und mittels Flasche gefütterten Kälbern verglichen. Demgegenüber stellten Adams et al. (1985) fest, dass bei gleicher Kolostrummenge und gleichem IgG-Gehalt die Kälber, die mittels Saugflasche ihre Kolostrumtränke erhielten, geringfügig höhere Serum-IgG-Konzentrationen aufwiesen als über die Schlundsonde getränkte Kälber.

Weiterhin wird beschrieben, dass Geburtenzahl der Kuh, Geburtsverlauf, Geburtsmonat und

die Umgebungstemperatur am Tag der Geburt einen Einfluss auf die Serumproteinkonzentration und somit auf den passiven Transfer von Immunglobulinen haben (Donovan et al., 1986). Am Beispiel der Geburtenzahl bzw. Laktationszahl konnten Tyler et al. (1999) in ihren Untersuchungen bestätigen, dass es keine signifikanten Unterschiede in der kolostralen IgG-Konzentration von Kühen in der ersten und zweiten Laktation gibt. Dagegen haben Kühe ab der dritten Laktation deutlich höhere IgG-Konzentrationen im Kolostrum. Ebenso können das Kolostrummanagement, die Anwesenheit einer Mutterkuh und das Vorliegen einer möglichen respiratorischen Azidose beim Kalb den passiven Transfer beeinflussen (Weaver et al., 2000).

Folgen eines FPT sind in der Regel hypo- oder agammaglobulinämische Kälber. Diese sind vor allem in der ersten Lebenswoche besonders gefährdet, an Infektionskrankheiten des Intestinal- oder Respirationstraktes zu erkranken (Frerking et al., 1990). Dies konnte in einer Studie von Erhard et al. (2000) bestätigt werden, in der Kälber mit einem sehr intensiven Durchfallgeschehen eine mittlere IgG-Konzentration von 3,7 mg/ml aufwiesen im Vergleich zu diarrhoenegativen Kälbern mit einer IgG-Konzentration von 5,6 mg/ml. Die Höhe der IgG-Konzentration im Serum der Kälber bedingt demnach die Inzidenz und Intensität der Neugeborenenendiarrhoe. Auch in anderen Studien konnte festgestellt werden, dass bei 90% der verendeten Kälber in der ersten Lebenswoche ein Defizit an Immunglobulinen vorlag (Boyd und Baker, 1974; McGuire et al., 1976). Eine Studie von Robison et al. (1988) konnte zeigen, dass Kälber mit einem FPT vergleichsweise geringere tägliche Gewichtszunahmen haben. Spätfolgen eines FPT können sogar in einer nachgewiesenen Reduktion der Milchleistung während der ersten Laktation von Jungkühen gesehen werden (DeNise et al., 1989).

Im Allgemeinen sind aber laut Weaver et al. (2000) niedrige Serum-IgG-Konzentrationen keine Garantie für eine Erkrankung des Kalbes, sofern das Kalb in einer hygienisch sauberen Umgebung gehalten wird und keinem stark virulenten Keimmilieu ausgesetzt ist.

### *2.3.3. Bedeutung der $\gamma$ -GT als Indikator für die Immunglobulinversorgung des Kalbes*

Die  $\gamma$ -Glutamyltransferase ist ein Enzym, das membrangebunden in zahlreichen Organen vorkommt. Dieses Enzym sorgt für einen transmembranösen Aminosäuretransport und spielt eine wesentliche Rolle im Glutathionmetabolismus. Neben Niere, Pankreas, Darm und Gesäuge ist die  $\gamma$ -GT ebenso in der Leber (Gallengangsepithelien und Hepatozyten) lokalisiert. Beim Pferd und beim Rind dient sie als Cholestasemarker und liegt in erhöhten

Konzentrationen u. a. bei intra- und extrahepatischen Gallengangsstauungen sowie bei hepatotoxischen Prozessen, Zirrhosen, Fibrosen und Pankreatitiden mit Leberbeteiligung vor (Neumann, 2014). Speziell beim Wiederkäuer erfährt die  $\gamma$ -GT eine Aktivitätssteigerung bei Leberschäden, insbesondere Leberfett- und volumenzunahme (Fürll, 2014). Aber auch das Kolostrum ist sehr reich an  $\gamma$ -GT. Das Enzym wird neben anderen Substraten, wie z. B. Serumalbumin und Gammaglobuline aus dem Blut resorbiert und zur Kolostrumsynthese benötigt (Werner, 2003). Besonders bei neugeborenen Lämmern, Zicklein und Kälbern steigt die Aktivität dieses Enzyms in Abhängigkeit von der Kolostrumgabe bis zur 24. Lebensstunde. Daher kann die  $\gamma$ -GT nach Meinung von Fürll (2014), der sich auf Untersuchungen einiger Autoren (Bostedt, 1983; Wosnik, 1991) beruft sowie Bruckmaier (2015) als Indikator einer Kolostrumversorgung von Neugeborenen herangezogen werden. Laut Klee (1985) ist von einer unzureichenden kolostralen Versorgung bzw. einer Resorptionsstörung auszugehen, wenn die  $\gamma$ -GT-Aktivität am zweiten Lebenstag unter 100,0 U/l beträgt. Nach der Kolostrumaufnahme und -verdauung nimmt die Serum- $\gamma$ -GT-Konzentration rasch zu, fällt aber ebenso rasch während der nächsten 24 Stunden wieder ab. Innerhalb der nachfolgenden zwei Monate verliert die  $\gamma$ -GT allmählich an Aktivität (Weaver et al., 2000). Für Kälber, die nicht älter als 11 Tage sind, geben Parish et al. (1997) in ihren Untersuchungen Empfehlungen zur Interpretation der  $\gamma$ -GT-Aktivität und zum passiven IgG-Transfer beim Kalb an. Danach sollte die Serum- $\gamma$ -GT-Aktivität bei einem Kalb 12 Stunden post natum mindestens 200,0 U/l betragen. Beim vier Tage alten Kalb sollten mindestens noch 100,0 U/l ermittelt werden und nach einer Woche post natum mindestens 75,0 U/l. Kälber, die innerhalb der ersten zwei Lebenswochen eine Aktivität von unter 50,0 U/l aufweisen, haben nach Meinung der Autoren einen FPT. Perino et al. (1993) konnten in ihren Untersuchungen ebenso einen raschen Anstieg der  $\gamma$ -GT-Aktivität nach erfolgter Kolostrumaufnahme beobachten. Der untersuchte Zusammenhang zwischen Serum- $\gamma$ -GT und Serum-IgG beim Kalb konnte bestätigt werden, die Effektstärke der Korrelation ist aber gering. Die  $\gamma$ -GT ist nach Aussage der Autoren ein Indikator für eine erfolgte Kolostrumaufnahme und -verdauung, gibt jedoch keinen Aufschluss auf die IgG-Konzentration im Serum der Kälber und somit auf einen ausreichenden passiven Transfer. In einer weiteren Studie wurden die  $\gamma$ -GT-Konzentrationen von Kälbern, getränkt mit Kolostrum und Kälbern, die mittels Milchaustauschern getränkt wurden, verglichen. Die Kälber, die kein Kolostrum erhielten, wiesen -im Gegensatz zu den Kolostrum getränkten Kälbern- keine Aktivitätssteigerung der  $\gamma$ -GT über die präkolostralen Konzentrationen auf. Dennoch variierten die Konzentrationen der  $\gamma$ -GT enorm im Kolostrum von Kuh zu Kuh sowie im

Serum der einzelnen Kälber, was folglich auf keinen signifikanten Zusammenhang zwischen kolostralen  $\gamma$ -GT-Gehalten und Serum- $\gamma$ -GT-Konzentrationen schließen ließ (Braun et al., 1982). Eine weitere Studie (Werner, 2003) ergab, dass die  $\gamma$ -GT, gemessen zum Zeitpunkt 12 Stunden post natum, relativ hohe Werte erreichen kann (bis zu 2.600,0 U/l im Mittel). Diese hohen Aktivitäten nehmen bereits 24 Stunden post natum um 40% ab und innerhalb der folgenden Tage ist ebenfalls eine Aktivitätsabnahme zu verzeichnen. Auch in dieser Studie war allenfalls eine Abschätzung der Immunglobulinversorgung der Kälber anhand der  $\gamma$ -Glutamyltransferase (Plasma) möglich. Da die im Kolostrum gemessene  $\gamma$ -GT-Aktivität sehr starken Streuungen unterlag, konnte keine Beziehung zur IgG-Konzentration im Serum der Kälber hergestellt werden. Ebenso stark variierten folglich die  $\gamma$ -GT-Konzentrationen im Plasma der Kälber. Die Autorin empfiehlt aufgrund des raschen Aktivitätsabfalles im Blut, dass die Verwendung dieses Enzyms als überwiegend qualitativer Indikator einer Kolostrumversorgung beim Kalb nur innerhalb der ersten Lebenswoche sinnvoll erscheint (Werner, 2003). Schlerka und Bucher (2003) grenzen die Zeitspanne zur Beurteilung der Enzym-Aktivität als Indikator einer Kolostrumversorgung der Kälber weiter ein. Sie gehen ab einem Lebensalter der Neugeborenen von 8 Stunden bis zum 8. – 11. Tag post natum, von einem geeigneten Zeitraum zur Verwendung der  $\gamma$ -GT als Marker für eine ausreichende kolostrale IgG-Versorgung aus. Einschränkend dazu sind einige Autoren der Meinung, dass anhand von einzelnen Blutwerten der  $\gamma$ -GT im Serum, wegen der sehr großen Streuung der Werte, keine -zumindest quantitative Aussage- über die kolostrale IgG-Resorption getroffen werden kann, da in den Untersuchungen -auch bei positiver Korrelation der  $\gamma$ -GT-Aktivität und der IgG-Konzentrationen im Serum 24 Stunden post natum- keine Rückschlüsse von der ermittelten Enzym-Aktivität auf die tatsächliche Immunglobulin-Konzentration der Kälber gezogen werden konnte (Werner, 2003; Bender, 2004; Jezek et al., 2010). Ähnliche Ergebnisse erzielte Lack (2006), in deren Studie die Aktivität der  $\gamma$ -GT ihr Maximum 12 Stunden post natum erreichte (MW: 806,9 U/l) und bereits ab der 24. Lebensstunde rasch abnahm (MW: 651,4 U/l). Auch in dieser Studie konnte zwar bestätigt werden, dass nach erfolgter Kolostrumresorption ein Aktivitätsanstieg der  $\gamma$ -Glutamyltransferase erfolgte, eine Korrelation zwischen diesem Enzym und den Serum-IgG-Konzentrationen (24 Stunden p.n.) wurde aber ebenso wenig beobachtet und ließ keine Rückschlüsse von der  $\gamma$ -GT-Aktivität auf den tatsächlichen IgG-Gehalt im Serum der Kälber ziehen.

## **2.4. Gesundheitsstatus des neugeborenen Kalbes**

### *2.4.1. Rotes Blutbild*

Beim neugeborenen Kalb liegen die Erythrozyten-Gehalte deutlich höher als bei adulten Rindern. Diese fallen erst in einem Alter von 18 Monaten ab, während die anfänglich ebenso höheren Hämoglobin-Werte bereits in der ersten Lebenswoche sinken. Auch der Hämatokrit nähert sich von anfangs hohen Neugeborenen-Werten langsam den Werten der Adulten. MCV (mittleres Erythrozytenvolumen) und MCHC (mittlere Hämoglobin-Konzentration der Erythrozyten) nehmen Monat für Monat post natum ab und steigen dann allmählich auf das Niveau adulter Tiere an. Dieser typische Verlauf von anfangs hohen Erythrozyten-, Hämoglobin- und Hämatokrit-Gehalten Neugeborener, über abnehmende Konzentrationen im Säuglingsalter und langsam zunehmenden Konzentrationen im Jungtieralter, ist, –wenn auch graduell und zeitlich unterschiedlich- bei allen Säugern zu beobachten. Die sinkenden Erythrozyten- und Hämoglobin-Konzentrationen sind die Folge eines physiologischen Erythrozytenabbaus bei verminderter Erythropoese im Knochenmark und einer raschen Blutvolumenzunahme durch das gesteigerte post natale Körperwachstum. Dieser Übergang von der fetalen Zellpopulation auf neue, adulte Zellen, nimmt allmählich seinen Lauf und beginnt schon lange vor der Geburt und endet erst nach dem Säuglingsalter (Walser, 1990).

Demgegenüber stellten Moritz et al. (2014) fest, dass Neugeborene und Jungtiere eine deutlich niedrigere Erythrozytenzahl und folglich niedrigere Hämoglobin-Gehalte aufweisen als erwachsene Tiere. Erst im ersten Lebenshalbjahr gleichen sich die Werte denen der adulten Tiere an. Die Autoren begründen diese Konzentrationssteigerung -im Gegensatz zu den Erkenntnissen von Walser (1990)- mit einer verstärkten Erythropoese in den ersten Lebenswochen und einer erhöhten Retikulozytenzahl. So sind innerhalb von für adulte Tiere angegebenen Referenzbereichen, gemessene Hämoglobin- und Erythrozyten-Konzentrationen Neugeborener, als deutliche Hämokonzentration zu bewerten. Zu ähnlichen Erkenntnissen kam Satler (2010), der bei den Kälbern innerhalb der ersten sechs Lebenstage ebenso eine Konzentrationssteigerung von Hämoglobin und Hämatokrit sowie der Erythrozyten feststellen konnte. Haser und Fürll (2015) wiesen bei 33 weiblichen Holstein Friesian Kälbern am ersten Lebenstag post natum einen medianen Hämatokrit-Gehalt von 0,38 l/l nach. Dieser Wert liegt in dem von den Autoren angegebenen Referenzbereich für Hämatokrit beim adulten Rind (0,30-0,42 l/l). Auch wurde ein annähernd identischer Referenzbereich für neugeborene Kälber (1. Lebenstag) bezüglich deren Hämatokrit-Gehalte ermittelt (0,33-0,42 l/l). Mit

zunehmendem Lebensalter nahmen die in dieser Untersuchung gemessenen Hämatokrit-Gehalte im Median bis zum 18. Lebensmonat post natum ab (Median: 0,34 l/l), bewegten sich aber stets innerhalb des für adulte Rinder angegebenen Referenzbereiches. Die Autoren begründen diesen Konzentrationsabfall bei zunehmendem Lebensalter mit dem Abbau des fetalen Hämoglobins, der bereits direkt nach der Geburt einsetzt.

In einer Studie von Hugli und Blum (1997) wurde der altersbedingte Verlauf sämtlicher Blutparameter von weiblichen Kälbern im Alter von 4-18 Wochen untersucht. Dabei wurde allerdings beobachtet, dass hinsichtlich des roten Blutbildes eine Zunahme der Hämoglobin-Konzentration mit zunehmendem Lebensalter der Kälber verzeichnet werden konnte.

Demgegenüber konnten Egli und Blum (1998) zeigen, dass die mittlere Hämoglobin- und Erythrozyten-Konzentration sowie der Hämatokrit der Kälber innerhalb der ersten 24 Lebensstunden post natum aufgrund einer Hämodilution (Blutverdünnung) abnahmen. Über den gesamten Untersuchungszeitraum war die mittlere Hämoglobin-Konzentration der Kälber direkt nach der Geburt (Tag 0) am höchsten ( $9,0 \pm 0,4$  mmol/l) und sank bis zum Tag 28 post natum. Daraufhin folgte ein Konzentrationsanstieg bis zum Tag 84, der aber die Ausgangskonzentration von Tag 0 nicht überstieg. Ähnliches konnte bei der mittleren Erythrozyten- sowie Hämatokrit-Konzentration beobachtet werden, die ab dem 1. Lebenstag eine stetige Reduktion aufwies. Diese Konzentrationsunterschiede zwischen neugeborenen und älteren Kälbern führen die Autoren auf postnatale Reifungsprozesse im erythroiden System zurück. Außerdem konnten sie bei Kälbern, die via Auszug oder sonstiger Geburtshilfen geboren wurden, niedrigere initiale Konzentrationen der Erythrozyten und des Hämoglobins nachweisen im Vergleich zu den Kälbern, die ohne menschliches Einwirken geboren wurden. Im Gegensatz dazu wurden konstant höhere Erythrozyten-, Hämoglobin- und Hämatokrit-Werte bei durch einen Kaiserschnitt entbundenen Kälbern gemessen, respektive zu den Werten der Kälber ohne Geburtshilfe (Probo, 2012). Für ausgewählte Parameter des roten Blutbildes beim neugeborenen Kalb empfehlen einige Autoren (Knowles et al., 2000; Brun-Hansen et al., 2006) getrennte Referenzbereiche von denen der adulten Tiere. So konnten zum Geburtszeitpunkt vergleichsweise höhere Werte für Erythrozyten, Hämoglobin und Hämatokrit gemessen werden (Knowles et al., 2000) als für das adulte Rind angegeben. Diese Ergebnisse werden durch Untersuchungen von Mohri et al. (2007) sowie Heindl (2012) bestätigt. Gründer (2006) konnte wiederum bei Kälbern niedrigere Erythrozyten-Konzentrationen als beim adulten Rind feststellen. Bei Auswertung des Hämoglobins und Hämatokrits lagen jeweils höhere initiale Konzentrationen zum Zeitpunkt der Geburt vor.



Dilov et al. (1981) untersuchten 788 bis zu 30 Tage alte Kälber verschiedener Rassen bezüglich ihrer Erythrozyten-, Hämoglobin- und Hämatokrit-Gehalte. Dabei konnten sie feststellen, dass Mastkälber aus industriell wirtschaftenden Großbetrieben deutlich häufiger an einer Anämie erkranken als Kälber aus kleineren Zuchtbetrieben. Weiterhin wurde bei den in den Winter- und Frühlingsmonaten geborenen Kälbern (n=541) öfter eine Verminderung der Konzentrationen der Parameter des roten Blutbildes gemessen im Vergleich zu den Kälbern, die in den Sommer- und Herbstmonaten geboren wurden (n=253). Ebenso konnte aufgezeigt werden, dass eine Anämie unter Zwillingskälbern häufiger beobachtet werden konnte. Davon betroffen waren hauptsächlich die Kälber der Rasse Simmentaler (Deutsches Fleckvieh) und Fleckviehkreuzungen. Das Geschlecht der Kälber hatte keinen entscheidenden Einfluss auf das rote Blutbild. Der größte Anteil erkrankter Kälber fiel auf die besonders jungen, einen Tag alten Kälber. Dass das Geschlecht ein nicht unwesentlicher Faktor ist, konnte jedoch in Untersuchungen von Bünger et al. (1980) mit 195 männlichen Aufzuchtälbern belegt werden. Daraus geht hervor, dass vor allem männliche Kälber häufiger an einer verminderten Konzentration von Hämatokrit, Hämoglobin und mittlerer Hämoglobin-Konzentration der Erythrozyten (MCHC) leiden. Unter den untersuchten Kälbern waren nahezu 50% anämisch. Bullenkälber haben in der Regel ein höheres Körpergewicht bei der Geburt und größere tägliche Gewichtszunahmen, sofern sie mit Kolostrum gefüttert werden. Diese Merkmale stehen in einem sehr engen Zusammenhang mit dem Konzentrationsverlauf einiger Parameter des roten Blutbildes. Mit einer Zunahme des Körpergewichtes erfahren die untersuchten Blutparameter eine signifikante Reduktion.

Sowohl die Anzahl der Laktationen des Muttertieres als auch Zwillingsgeburten beeinflussen die Hämoglobin- und Hämatokrit-Konzentration. Demnach sind diese Parameter bei Zwillingen erniedrigt (Kume und Tanabe, 1994) und bei steigender Laktationszahl ist ebenso eine Zunahme der Hämoglobin- und Hämatokrit-Werte bei den Kälbern zu verzeichnen (Dilov et al., 1981; Kume und Tanabe, 1996), während sich die Werte von Kuh und ihrem zugehörigem Kalb nicht unterscheiden.

Egli und Blum (1998) konnten höhere Hämatokrit-, Hämoglobin- und Erythrozyten- sowie Eisen-Gehalte im Plasma von Saugkälbern (Kolostrum ad libitum) messen. Ihre Untersuchung stützt sich auf die Blutergebnisse von neugeborenen Saugkälbern bis zu einem Alter von drei Monaten, die im Vergleich zu den Blutwerten von Mastkälbern herangezogen wurden, die mit einer definierten Menge von Milch oder Milchaustauscher bis zu einem Körpergewicht von 180 bis 200 kg getränkt wurden.

#### 2.4.2. *Weißes Blutbild*

Beim menschlichen Neugeborenen konnte unmittelbar nach der Geburt und am ersten Lebenstag eine Leukozytose festgestellt werden. Die Leukozyten-Werte fallen anschließend bis zum 13. Tag post natum. Zum Teil konnten ähnliche Verläufe der Leukozyten-Werte beim Säugetier (v. a. Fohlen und Ferkel) nachgewiesen werden. Unter den Leukozyten von Neugeborenen sind mit einem Anteil von 70% die Granulozyten vorherrschend. Diese nehmen allmählich wieder ab, währenddessen ein Anstieg von Lymphozyten zu beobachten ist. Dabei ist die neonatale Leukozytose kein Hinweis auf einen infektiösen Prozess, sondern kann als eine Adaptation des Organismus an stressreiche Situationen während der Geburt betrachtet werden. Zu bedenken ist aber, dass das Blutbild vor allem beim jungen Tier durch die Aufregung bei der Blutentnahme und durch Schwierigkeiten einer einwandfreien Blutgewinnung verfälscht werden kann (Walser, 1990).

Analog zu den Parametern des roten Blutbildes kann beim neugeborenen Kalb ebenso eine Reduktion der mittleren Leukozyten-Konzentration vom Tag 1 bis zum 42. Tag post natum verzeichnet werden (Egli und Blum, 1998). Ähnliche Ergebnisse im Hinblick auf den altersabhängigen Verlauf der Leukozyten beim Kalb konnten Mao (1994) sowie Mohri et al. (2007) aufzeigen. In den Untersuchungen von Heindl (2012) wird deutlich, dass die Leukozytenzahlen zeitabhängigen und individuellen Schwankungen unterliegen. Demnach können große Unterschiede in der Konzentration der Leukozyten im stündlichen Abstand festgestellt werden. Aber auch Blutdruckschwankungen können Verschiebungen in der Leukozytenzahl ergeben, da sich bei erhöhtem Blutdruck die neutrophilen Granulozyten, die am Endothel der Blutgefäße haften, von der Gefäßwand ablösen und sich zur Gesamtleukozytenzahl summieren. Daher gibt es sehr breite Referenzbereiche der Leukozyten-Konzentrationen sowohl für Kälber als auch für adulte Rinder (Moritz et al., 2014).

#### 2.4.3. *Thrombozyten*

Die Thrombozyten gehören neben dem Blutgerinnungs- und Fibrinolysesystem zum komplexen System der Hämostase. Deren Aufgabe besteht darin, bei einer Gefäßwandschädigung möglichst schnell für eine lokalisierte Abdichtung zu sorgen, um einen möglichen lebensbedrohlichen Blutverlust zu verhindern. Durch Hemmung der Blutgerinnung sorgt das Hämostasesystem dagegen unter physiologischen Bedingungen für einen

kontinuierlichen Blutfluss. Die Thrombozyten sind wesentlich an der Blutgerinnung beteiligt. Sie heften sich nach Endothelverletzungen und Aktivierung durch Thrombin an das freigelegte subendotheliale Kollagen (Adhäsion), verklumpen mit weiteren Thrombozyten (Aggregation) und verschließen die Läsion durch einen Thrombozytenpfropf (Primäre Hämostase), (Mischke, 2014).

Der altersabhängige Verlauf der Thrombozyten wurde bei Saugkälbern im Zeitraum von Dezember bis Mai des darauffolgenden Jahres in der Studie von Egli und Blum (1998) untersucht. Dabei konnte eine Konzentrationszunahme ab der 24. Lebensstunde post natum bis zum Ende der Untersuchung festgestellt werden. Auffallend war, dass die Kälber ab der ersten Lebenswoche Thrombozyten-Werte aufwiesen, die oberhalb des damals von Kraft und Dürr (1997) angegebenen Referenzbereiches lagen ( $300,0-800,0 \times 10^9/l$ ). Gründe dafür konnten die Autoren nicht angeben. Zu ähnlichen Ergebnissen kam Heindl (2012), die eine geringfügige Reduktion der Thrombozyten-Gehalte innerhalb der ersten drei Lebenstage, gefolgt von einer starken Steigerung der Konzentrationen über das Niveau adulter Tiere hinaus beobachten konnte. Dies konnte durch die Untersuchung von Brun-Hansen et al. (2006) bestätigt werden. Auch nach Knowles et al. (2000) und Mohri et al. (2007) stiegen die Thrombozyten-Konzentrationen innerhalb der ersten bzw. der ersten beiden Lebenswochen post natum deutlich an.

#### 2.4.4. *Leberenzyme*

Unter Punkt 2.3.3. wird ausführlich auf die Funktion der  $\gamma$ -Glutamyltransferase beim Kalb eingegangen, weshalb dieses Enzym in diesem Kapitel nicht näher aufgeführt wird.

Beim Wiederkäuer ist die Laktatdehydrogenase (LDH) nach Konzentrationserhöhungen ein sensibler Indikator für Störungen im Organismus, ohne genauere Angabe zur Lokalisation der Störung (Fürll, 2014). Dieses Enzym kann, neben der Aspartataminotransferase (AST), auch zur Klärung einer Myopathie beitragen, ist aber nicht muskelspezifisch und kann ebenso bei Hepatopathien und Hämolysen in gesteigerten Konzentrationen vorliegen (Neumann, 2014).

Egli und Blum (1998) haben in ihrer Studie u. a. den Konzentrationsverlauf der Laktatdehydrogenase (LDH) beim neugeborenen Kalb untersucht. Dabei konnten sie feststellen, dass die LDH vom Zeitpunkt der Geburt an einer stetigen Konzentrationssteigerung unterliegt (bis zum letzten 48. Tag post natum der Untersuchung).

Kurz und Willett (1991) beschreiben eine Konzentrationssteigerung der LDH (bis zur 24. Lebensstunde post natum) ohne nachfolgende Konzentrationsabnahme bei den Kälbern, die

zu einem späteren Zeitpunkt (ab der 12. Stunde post natum) Kolostrum erhielten. Die Kälber, die sehr früh ihre Kolostrummahlzeit erhielten (ab der ersten Stunde post natum), wiesen abnehmende LDH-Konzentrationen ab der 24. Lebensstunde post natum auf.

Im Hinblick auf die Glutamatdehydrogenase-Aktivität (GLDH) bei neugeborenen Kälbern konnte Lack (2006) steigende Konzentrationen bis zur 12. Lebensstunde post natum feststellen. Bei den Kälbern, die an Durchfall erkrankten, konnten jedoch keine erhöhten GLDH-Aktivitäten gemessen werden. Demgegenüber konnte Reinhardt (1977) bei kranken Kälbern durchaus erhöhte Konzentrationen der GLDH messen, während zum Geschlecht der Kälber sowie zum Geburtsverlauf kein Zusammenhang zur GLDH-Aktivität hergestellt werden konnte. Aus einer Stichprobe von 150 gesunden Kälbern ermittelte Pöhler (2004) eine GLDH-Konzentration von bis zu 117,95 U/l, die deutlich über den für adulte Rinder angegebenen oberen Wert liegt. Neugeborene Kälber haben nach Meinung der Autorin physiologisch höher liegende GLDH-Aktivitäten. Haser und Fürll (2015) untersuchten bei 33 weiblichen Kälbern (Holstein Friesian) die altersabhängige Entwicklung antioxidativer Stoffwechselfparameter vom 1. Tag bis zum 18. Lebensmonat post natum. Daneben wurde aus den erhobenen Daten u. a. auch Richtwerte zur Festlegung von Referenzbereichen für die GLDH ermittelt. Es konnte eine mediane GLDH-Konzentration von 8,4 U/l (1. Tag post natum) bzw. ein Referenzbereich für neugeborene Kälber zwischen 7,5-16,3 U/l berechnet werden. Die GLDH-Aktivität nahm stetig bis zum 1. Lebensmonat post natum (Median: 75,2 U/l) zu und fiel allmählich bis zum 18. Lebensmonat (Median: 10,0 U/l) ab. Diese zuletzt ermittelte Konzentration der GLDH von 18 Monate alten Rindern liegt in dem Bereich, der für adulte Rinder bereits von Fürll (2014) angegeben wurde (obere Toleranzgrenze: 41,0 U/l).

## **2.5. Immun- und Gesundheitsstatus der Kuh im peripartalen Zeitraum**

### **2.5.1. Immunglobuline**

Das Immunsystem der Kuh unterliegt um den Geburtszeitraum funktionellen Veränderungen. Es wird angenommen, dass veränderte hormonelle Gegebenheiten den Immunstatus der Kuh im peripartalen Zeitraum beeinträchtigen (Detilleux et al., 1995). So verändern sich insbesondere Serumkonzentrationen von Progesteron, Östrogen und Cortisol zum

Abkalbezeitpunkt dramatisch. Demnach fallen die Östrogen- und Progesteron-Konzentrationen zum Zeitpunkt der Geburt, wohingegen Cortisolwerte steigen (Wetteman, 1980; Dosogne et al., 1999). In solch (physiologisch) hohen Konzentrationen von Cortisol wird gleichzeitig eine Funktionsbeeinträchtigung der polymorphkernigen Neutrophilen angenommen. Aber auch nach der Kalbung wird von einer vorübergehenden Leukopenie berichtet, die von einem massiven Einstrom neutrophiler Granulozyten in den Reproduktionstrakt verursacht wird. Nach Goff und Horst (1997) ist nicht die Progesteron-Konzentration, die im peripartalen Zeitraum fällt, für eine verminderte Immunabwehr verantwortlich. Vielmehr haben sowohl hohe Östrogenspiegel um den Geburtszeitpunkt einen suppressiven Effekt auf die zellvermittelte Immunität als auch steigende Cortisol-Konzentrationen, deren effektive Wirkung als Immunsuppressiva seit langer Zeit bekannt ist. Weiterhin nehmen mit fortschreitendem Trächtigkeitsstadium laut Detilleux et al. (1995) die Konzentrationen der Immunglobuline ab. Verglichen mit Werten, die fünf Wochen vor der Abkalbung gemessen werden, ist die Serumkonzentration von IgG1 eine Woche vor dem Abkalbetermin um 62% niedriger. Bereits drei Wochen nach der Kalbung jedoch, übersteigt der IgG1-Gehalt im Serum den Wert, der fünf Wochen vor der Geburt gemessen wurde. Nach Brandon et al. (1971) fällt die IgG1-Konzentration bereits 5-6 Wochen vor dem Partus. Dagegen unterliegt die IgG2-Konzentration vor der Abkalbung keinen großen Veränderungen. Im Serum steigt die Konzentration des Immunglobulin-A, gemessen 10 Tage vor der Geburt bis einen Tag vor der Geburt von 0,29 mg/ml auf 0,39 mg/ml. Zur gleichen Zeit nimmt die Serum-IgM-Konzentration deutlich ab (Guidry et al., 1980). Zum Zeitpunkt der Geburt und wenige Tage post partum fällt ebenso der Gehalt an IgA im Serum (Partus: 0,36 mg/ml; 5 Tage post partum: 0,25 mg/ml), wohingegen die IgG1-Konzentration von 2,31 mg/ml (Partus) auf 3,72 mg/ml (5 Tage post partum) wieder steigt. Die Zunahme an IgG1 korreliert somit positiv mit der Milchleistung, jedoch negativ mit dem Gesamtvolumen an IgG1, das aus der Milchdrüse stammt (Guidry et al., 1980). Nur drei Wochen post partum werden um 20% höhere IgG2-Werte gemessen als noch vor fünf Wochen vor der Geburt (Detilleux et al., 1995).

Guidry et al. (1980) kamen jedoch in ihren Untersuchungen zu dem Ergebnis, dass 10 Tage nach der Kalbung und während der gesamten Laktation IgG1-, IgG2- und IgM-Konzentrationen konstant bleiben, wohingegen die IgA-Konzentration 10-30 Tage nach der Kalbung deutlich sinkt und ab dem 60. - 180. Tag wieder steigt.

Viele Autoren berichten demnach von einer peripartalen Immunsuppression, möglicherweise gefolgt von den unterschiedlichsten prä und post partalen Erkrankungen der Kuh (Retentio

secundinarium, Mastitis, Endometritis, Fettleber, puerperale Septikämie, etc.), die unter anderem auf veränderte Hormonspiegel und deren Folgen zurückzuführen sind (Dosogne et al., 1999; Herr et al., 2011). Ein nicht zu vernachlässigender Faktor während der letzten Wochen und Tage vor und nach der Geburt, stellt die Kuh vor große Herausforderungen in ihren metabolischen Funktionen: Die Produktion von Kolostrum. Im späten Gestationsstadium benötigt die Kuh für das tägliche Wachstum des Fetus ca. 0,82 Mcal an Energie. Im Vergleich dazu werden 11 Mcal an Energie benötigt, um am Tag der Kalbung 10 kg Kolostrum zu produzieren. Diese Menge an Energie muss der Kuh über das Futter oder zum Teil über endogene Speicher an die Milchdrüse bereitgestellt werden (Goff und Horst, 1997). Gegen Ende der Trockenstehperiode werden Immunglobuline über ein spezifisches Transportsystem innerhalb der sekretorischen Zellen aus dem Serum in das Kolostrum transportiert. Dazu besitzen die Zellen der bovinen Milchdrüse zahlreiche Oberflächenrezeptoren (FcRn) mit hoher Anzahl und Affinität für das Immunglobulin-G (Bruckmaier, 2015). Tatsächlich handelt es sich bei den Immunglobulinen, die aus dem maternalen Blut in das Kolostrum transferiert werden, um die Subklassen IgG1 und IgG2 in einem Transferverhältnis von 7 (IgG1) : 1 (IgG2), obwohl beide, gemessen im Serum, im gleichen Verhältnis vorliegen. In den 3 bis 2 Wochen vor der Abkalbung nehmen mit dem Transfer maternaler Immunglobuline ins Kolostrum, Serum-IgG- (vor allem IgG1) Konzentrationen rapide ab und erreichen zum Geburtszeitpunkt ihr Minimum. Dabei gehen mehrere Hundert Gramm bis zu drei Kilogramm an Immunglobulinen in das Kolostrum über, wobei der Gehalt bei multiparen Kühen generell höher ist, da deren Serum-IgG-Gehalte ebenso höher sind (Sasaki et al., 1976; Larson et al., 1980). Untersuchungen von Sasaki et al. (1976) zeigen, dass drei Tage vor der Abkalbung maximale Transferraten von 125,0 g IgG1/500,0 kg/Tag gemessen werden, was einer kolostralen IgG1-Konzentration von ca. 50,0-70,0 mg/ml entspricht (IgG2: 5,0-10,0 mg/ml). Diese Rate korreliert mit einer raschen Reduktion von IgG1 im Serum vier bis zwei Tage prä partum. In einer Studie von Herr et al. (2011) wird vergleichsweise beschrieben, dass die Anzahl der Geburten einer Kuh keinen Einfluss weder auf die initiale Serum-IgG-Konzentration hat, noch spielt die Geburtenanzahl eine Rolle bei der präpartalen Reduktion maternaler IgG-Werte. Weiterhin fallen IgG-Konzentrationen im Serum bereits 8 Wochen bis einen Tag vor dem Partus von  $36,8 \pm 11,6$  mg/ml auf  $18,0 \pm 19,1$  mg/ml. Zum Geburtszeitpunkt, insbesondere während der Austreibungsphase des Kalbes, erreichen IgG-Werte ihr Minimum und bleiben bis 7 Tage post partum auf einem konstant niedrigen Niveau von 15,0-20,0 mg/ml. Doch schon ab der ersten Woche bis zur vierten Woche post partum, konnte eine deutliche Zunahme an Serum-

IgG von bis zu  $36,2 \pm 9,9$  mg/ml beobachtet werden.

Im Verlauf der Laktation fallen die Immunglobulingehalte in der Milch auf 0,4 mg/ml für IgG1 und 0,1 mg/ml für IgG2 und erreichen 30 Tage post partum ihr Minimum (Sasaki et al., 1976; Guidry et al., 1980). Gegen Ende der Laktation (bis zum 290. Laktationstag) lässt sich mit abnehmender Milchleistung ein Anstieg aller Immunglobulin-Konzentrationen im Serum (mit Ausnahme von IgA) verzeichnen. Herr et al. (2011) konnten in ihren Untersuchungen einen Zusammenhang zwischen der Reduktion der Serum-IgG-Konzentration während der Trockenstehperiode und der kolostralen IgG-Konzentration herstellen. Demnach wurden die höchsten kolostralen IgG-Werte bei den Kühen gemessen, deren Reduktion an Serum-IgG-Konzentrationen in der Trockenstehperiode bis zur Geburt am größten war. Bezüglich des Verhaltens von IgM ante partum ist festzustellen, dass die Konzentration an IgM im Serum erst ab der 4. Woche vor der Abkalbung rapide sinkt (von 6,0-7,0 mg/ml auf 3,7 mg/ml), ebenfalls wie das Immunglobulin-G ein Minimum zum Zeitpunkt der Austreibungsphase erreicht und während der vier Wochen post partum auf einem niedrigen Niveau verbleibt (3,5-5,0 mg/ml). Laut Sasaki et al. (1976) gibt es, im Gegensatz zu den Werten des IgG, keine großen Unterschiede zwischen den IgM-Konzentrationen im Kolostrum und Serum.

Aufgrund der Tatsache, dass drei Tage bis ein Tag vor der Abkalbung maximale Transferraten für Serum-IgG gemessen werden können und laut Sasaki et al. (1976) gleichzeitig sekretorische Zellen mit besonders stark-affinen Oberflächenrezeptoren insbesondere für IgG1 vermehrt auftreten (neben schon vorhandenen und in ihrer Bindungsstärke verminderten Rezeptoren), spricht vieles für ein spezifisches Transportsystem für IgG aus dem maternalem Serum in das Kolostrum. In einer Studie von Kacskovics et al. (2000) wird von einem Protein berichtet, das für die Akkumulation von IgG1 und nachfolgend für dessen Transfer in das Lumen der Milchdrüse verantwortlich zu sein scheint. Nach neuesten Erkenntnissen stellt dieses Protein einen Oberflächenrezeptor dar (FcRn), der sich in Alveolarepithelzellen der Milchdrüse befindet (Bruckmaier, 2015).

### 2.5.2. *Rotes Blutbild*

Während und nach Ende der Gravidität unterliegt der Organismus zahlreichen funktionellen und hormonellen Regulations- und Anpassungsprozessen. Im Zeitraum vor der Abkalbung (letztes Trimester der Gravidität) nimmt physiologischerweise das Plasmavolumen der Kuh zu. Dies hat eine Hämodilution mit reduzierten Erythrozyten-, Hämoglobin- und Hämatokrit-Konzentrationen zur Folge. Diese Umverteilungen im Blutkreislauf bedingen die bei der Kuh

typischen Geburtsödeme (Steinhardt et al., 1994). Kurz vor der Geburt nehmen die Konzentrationen der Parameter des roten Blutbildes zu, wobei Erythrozyten- und Hämatokrit-Gehalte bis zum dritten Tag post partum ihr Maximum erreichen (Benysek und Kudlak, 1971a; Steinhardt et al., 1994; Bleul und Sobiraj, 2001a). Die höchsten Hämoglobinkonzentrationen werden wenige Stunden später erreicht (3-6 Stunden post partum), (Benysek und Kudlak, 1971a). Während der Geburt verlieren die Kühe teilweise erhebliche Flüssigkeitsmengen, was zu einer transienten Hypovolämie und Hämokonzentration führt. Besonders bei Schweregeburten kann es vereinzelt zu hypovolämischen Schockreaktionen kommen, die durch weitere permeabilitätserhöhende Prozesse in der Endstrombahn sowie Diffusion der intravasalen Flüssigkeit in den extravasalen Raum, den Organismus zusätzlich belasten und zu einer Dehydratation der Kühe führen. Nicht zu vernachlässigen ist die durch Stresssituationen ausgelöste Entleerung der Milzspeicher. Je schwerer der Geburtsverlauf, desto länger können erhöhte post partale Werte im roten Blutbild der Kuh gemessen werden und desto langsamer nähern sich die Werte dem Referenzbereich an (Bleul und Sobiraj, 2001a).

Von weiteren Autoren wird ein Anstieg der Erythrozyten-, Hämoglobin- und Hämatokrit-Gehalte in der frühen post partalen Phase beschrieben, respektive zu den Werten in anderen Trächtigkeits- und Laktationsstadien (Stämpfli et al., 1981). Hewett (1974) kam zu ähnlichen Ergebnissen und führte die post partale Hämokonzentration auf eine vorübergehende Dehydratation der Kühe zurück.

### 2.5.3. *Weißes Blutbild*

Während Immunglobuline wichtige Komponenten der spezifischen Abwehr darstellen, zählen u. a. Leukozyten zu den zellulären Bestandteilen des unspezifischen Immunsystems. Säugetiere besitzen in ihrem Blut meist fünf verschiedene Leukozytenpopulationen: diese sind die Granulozyten, die auch als polymorphkernige Zellen bezeichnet werden und je nach Farbe ihrer Sekundärgranula in neutrophile, eosinophile und basophile Granulozyten eingeteilt werden. Daneben zählen ebenso die Monozyten und Lymphozyten zu den Leukozyten. Lymphozyten werden mit zeitlicher Verzögerung dann aktiviert, wenn die Komponenten der unspezifischen Abwehr mögliche Infektionserreger nicht erfolgreich eliminieren können. Zunächst aber sind es die Granulozyten und die Monozyten, die über Phagozytose körperfremde Partikel aufnehmen und zerstören. Unter den zirkulierenden Leukozyten, die insgesamt im Blut nur zu einem kleinen Prozentsatz (5%) nachweisbar sind,



stellen die Granulozyten einen erheblichen Teil dar. Die Mehrzahl der Leukozyten befindet sich in den Organen und Geweben. Granulozyten und Monozyten werden im Knochenmark gebildet, wandern dann in die Gewebe und verlassen diese in der Regel nicht mehr. In Entzündungsgebieten heften sich vor allem neutrophile Granulozyten an die Gefäßendothelzellen an (Adhäsion), gelangen über Diapedese in das Gewebe und können dort über Phagozytose Partikel und Mikroorganismen aufnehmen und zerstören. Eine hohe Phagozytoseleistung wird dann ermöglicht, wenn zuvor Immunglobuline oder Komplementkomponenten an die Partikel gebunden haben (Opsonisierung). Neben der Phagozytose können Granulozyten ebenso toxische Sauerstoffverbindungen (ROS = reactive oxygen species) in Form von Enzymen bilden (NADPH-Oxidase, Superoxid-Dismutase, Myeloperoxidase; sog. „respiratory burst“), die Mikroorganismen durch Oxidation töten. Eine Untersuchung der zirkulierenden Leukozyten liefert demnach ebenso wertvolle Informationen über die Abwehrsituation des Organismus (Moritz et al., 2014; Kaspers und Göbel, 2015).

Besonders im peripartalen Zeitraum, vom Übergang der Trächtigkeit in die Laktogenese, unterliegt die Kuh einer stressreichen Belastung. Von vielen Autoren wird in dieser Phase eine Immunsuppression beschrieben (Shuster et al., 1996; Goff und Horst, 1997; Mehrzad et al., 2001), die sich neben der Reduktion von Serum-IgG, auch in einer reduzierten Aktivität der Granulozyten äußert. Besonders im Zeitraum von einer Woche prä partum und zwei Wochen post partum ist die Granulozytenfunktion im Blut beeinträchtigt und kann ebenso als Indikator, dessen Aktivität u. a. mittels Chemilumineszenz-Messungen bestimmt wurde (Mehrzad et al., 2002), für eine Immunsuppression während dieser peripartalen Phase herangezogen werden. Bei pluriparen Kühen wird sogar von einer größeren Depression der Granulozyten im Blut berichtet als bei primiparen Kühen. Bei letzteren ist wahrscheinlich die über toxische Sauerstoffverbindungen ausgelöste, bakterizide Aktivität der neutrophilen Granulozyten etwas stärker ausgeprägt. Außerdem wird berichtet (Mehrzad et al., 2002), dass die eingeschränkte Aktivität der Granulozyten in der peripartalen Phase der Kühe durch rapide einsetzende, veränderte Konzentrationen von Ketonkörpern (Moreira da Silva et al., 1998), Glukokortikoiden (Guidry et al., 1976) und Trächtigkeits- und Laktationsassoziierten Molekülen (Dosogne et al., 1999) verursacht wird. Als Folge davon zeigen im Besonderen multipare Kühe in den frühen Phasen bakterieller Invasion eine erhöhte Anfälligkeit für Euterentzündungen (Mehrzad et al., 2002), Gebärmutterentzündungen sowie diversen anderen Infektionen (Zerbe et al., 2000; Singh et al., 2008). Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Kehrli et al. (1989) in ihren Untersuchungen über die Funktionsänderung neutrophiler Granulozyten im peripartalen Zeitraum. Demnach steigt die Aktivität der Granulozyten zwei Wochen vor der

Abkalbung signifikant an, während diese eine Woche post partum wiederum dramatisch abnimmt. Bestätigt wird dies ebenso durch die Erkenntnisse von Nagahata et al. (1988), deren Messungen von Granulozyten eine peripartal erhöhte Phagozytoseaktivität ergaben, gefolgt von einer post partalem Aktivitätsminderung. Diese prä und post partalen Veränderungen der Leukozytenanzahl werden ausschließlich in der Population der neutrophilen Granulozyten beobachtet (segmentiert und unsegmentiert), während die Konzentrationen der Lymphozyten, Monozyten und eosinophiler Granulozyten während der Zeit vor (15 Tage ante partum) und nach (10 Tage post partum) der Geburt konstant bleiben (Zerbe et al., 2000). Demgegenüber stehen die Erkenntnisse aus den Untersuchungen von Kim et al. (2005) sowie Hussain und Daniel (1992), die nicht nur für die Gesamtleukozyten und neutrophilen Granulozyten eine quantitative Zunahme vor und während der Abkalbung belegen, sondern auch für die Lymphozyten. Diese Konzentrationen fallen eine Woche post partum, nehmen allerdings in den folgenden drei Wochen erneut zu. Für die Leukozytose vor der Geburt wird eine höhere Cortisolkonzentration verantwortlich gemacht (Preisler et al., 2000), wohingegen der post partale Abfall für eine Leukozytenmigration in den Uterus und die Milchdrüse spricht (Guidry et al., 1976).

#### 2.5.4. *Thrombozyten*

Hawkey et al. (1990) diskutieren in ihren Untersuchungen, die Ergebnisse über Thrombozyten-Gehalte von 3.172 adulten Säugern umfassen, den diagnostischen Wert der Blutplättchen als Indikatoren für klinische Abnormalitäten. Dabei stellten sie fest, dass die Bedeutung der Thrombozyten insbesondere bei den Rindern, die eine verminderte Leukozytenantwort infolge einer Infektion vorweisen, nicht zu vernachlässigen ist. Beim Nachweis und Verlauf bakterieller Infektionen des Rindes macht es nach Aussage der Autoren mehr Sinn, nicht die Zahl der neutrophilen Granulozyten, sondern die der Blutplättchen zu bestimmen. In der Literatur konnten erhöhte Thrombozyten-Gehalte innerhalb von fünf Tagen nach der Kalbung festgestellt werden. Insbesondere bei Kühen, deren Kälber via Kaiserschnitt geboren wurden, waren die Konzentrationen der Blutplättchen besonders hoch im Vergleich zu den Kühen, bei denen nur leichte Geburtshilfe notwendig war oder sogar bei einer Schweregeburt Hilfestellung geleistet wurde (Bleul und Sobiraj, 2001a).

#### 2.5.5. *Leberenzyme*

Als relativ unspezifisch gilt die Auswertung der Aktivität der Laktatdehydrogenase (LDH). Sie erfährt bei einer Reihe von Erkrankungen eine Aktivitätserhöhung und ist ein sensibler Indikator für Störungen im Körper ohne diese genau lokalisieren zu können (Fürll, 2014). Ante partum konnte Bostedt (1974) eine Aktivitätssteigerung dieses Enzyms feststellen, bis zum Erreichen eines Maximums zwei Tage post partum. Während der Geburt wurde eine Konzentration von  $1304,0 \pm 366,0$  mU/ml gemessen, die sich erst zwei bis drei Wochen post partum wieder normalisierte. Bei Schweregeburten, toten Früchten oder nach Fetotomien wurden erhöhte LDH-Aktivitäten gemessen. Bei einer komplikationsfreien Geburt konnten LDH-Gehalte von  $1074,0 \pm 278,0$  U/l ermittelt werden (während des Partus bis einen Tag post partum), während diese nach einer Schweregeburt deutlich erhöht sind ( $1639,0 \pm 697,0$  U/l intra partum bis ein Tag post partum). Zwei bis vier Tage post partum werden LDH-Aktivitäten von  $1229,0 \pm 319,0$  U/l bzw.  $1563,0 \pm 831,0$  U/l (normale Geburt bzw. Schweregeburt) gemessen (Rummer und Eulenberger, 1981).

Die Glutamatdehydrogenase (GLDH) gilt als leberspezifisch und zeigt bei einer besonders schwerwiegenden irreversiblen Zerstörung von Hepatozyten eine Aktivitätssteigerung (über den dreifachen oberen Referenzwert bzw.  $> 1000,0$  U/l). Besonders im peripartalen Zeitraum kommt es häufig zu einem Energiemangel mit nachfolgender Lipolyse und Ketogenese (Fettmobilisationssyndrom). Die Folgen sind dann vor allem in einer hochgradigen Leberschädigung erkennbar. Aber auch eine erhöhte Stoffwechselaktivität sowie hoher Harnstoffumsatz (Kreislaufstörungen, Energiemangel) können eine Steigerung der GLDH-Konzentration bewirken (Fürll, 2014; Neumann, 2014).

Die GLDH steht indirekt mit der Energieversorgung der Kühe in Zusammenhang und erfährt vor allem nach der Kalbung eine Aktivitätssteigerung (Müller und Sauerwein, 2005; Fürll, 2014). Die metabolischen Anforderungen an die Milchkuh nehmen besonders in der Transitphase zu, wenn der Organismus sich von einer monatelang dauernden Trächtigkeit auf die Laktogenese umstellen muss. Eine stete Zunahme der Aktivität der GLDH von mehr als  $10,0$  U/l nach der Abkalbung bei fortschreitender Laktation, indiziert eine gewisse Leberschädigung. Vor dem Partus erreichen Kühe Werte von  $5,0$ - $10,0$  U/l, wohingegen drei Wochen post partum ein Maximum von  $20,0$  U/l erreicht wird. Sogar in der Zeit von 11 Wochen nach der Abkalbung wurden die vor der Kalbung gemessenen Ausgangswerte noch nicht erreicht. Trotzdem müssen bei klinisch gesunden Kühen geringfügige Abweichungen von den Referenzwerten der GLDH nicht zwingend eine Leberschädigung bedeuten und

können als Indikatoren nur begrenzt in Betracht gezogen werden (Hoedemaker et al., 2004). In Untersuchungen von Treacher und Collis (1977) steigen die GLDH-Konzentrationen in einem Zeitraum von 7-17 Wochen nach der Abkalbung um das 3-7 fache der Werte, gemessen vor der Kalbung, an. Diese Werte scheinen aber von der in der Studie berücksichtigten Proteinversorgung der Tiere abhängig zu sein. Eine überwiegend konstant bleibende GLDH-Konzentration vor der Geburt ( $4,63 \pm 1,93$  U/l), eine Stunde ( $4,87 \pm 1,13$  U/l), 24 Stunden ( $4,25 \pm 0,88$  U/l) und 48 Stunden ( $4,05 \pm 1,14$  U/l) post partum, konnten Hussein und Abd Ellah (2008) beobachten. Diese Werte wurden allerdings bei Kühen erhoben, die keinerlei Geburtskomplikationen zeigten. Bei ebenso in dieser Studie untersuchten Kühen, deren Kälber aufgrund einer Torsio uteri via Kaiserschnitt entbunden wurden, waren sämtliche Leberenzyme, u. a. auch die GLDH und  $\gamma$ -GT deutlich erhöht. Diese Ergebnisse werden von den Autoren einer Leberdysfunktion zugeschrieben. Besonders der GLDH wird bei Kühen mit Geburtskomplikationen eine wesentliche Rolle als Indikator einer Leberdysfunktion zugesprochen.

Bei einem komplikationslosen Geburtsablauf ändert sich auch die Konzentration der  $\gamma$ -GT nicht wesentlich. Hussein und Abd Ellah (2008) stellten Gehalte ante partum von  $9,5 \pm 2,8$  U/l fest, eine Stunde post partum waren diese geringgradig niedriger ( $8,8 \pm 2,7$  U/l), um dann von  $9,1 \pm 2,6$  U/l (24 Stunden post partum) über  $9,3 \pm 3,2$  U/l (48 Stunden post partum) wieder leicht anzusteigen. Deutlich höhere  $\gamma$ -GT-Konzentrationen wurden bei Geburtsstörungen, insbesondere nach einer Sectio caesarea aufgrund einer Torsio uteri gemessen. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Birgel et al. (1997). Sie konnten vor und während der Kalbung keine signifikanten Konzentrationsunterschiede von GLDH und  $\gamma$ -GT feststellen. Lediglich waren die GLDH-Gehalte (sowie CK) im Serum von Kalbinnen die letzten vier Tage ante partum signifikant höher als die Konzentrationen der Kühe.

## **2.6. Immun- und Gesundheitsstatus der Kuh in Abhängigkeit der Jahreszeit**

### **2.6.1. Immunglobuline**

Die Jahreszeit hat einen nicht unwesentlichen Einfluss auf das Immunsystem und die Gesundheit der Tiere. Insbesondere beanspruchen unterschiedliche Tageslichtlängen und Umgebungstemperaturen sowie ein wechselndes Futterangebot die Energiereserven der Tiere

und erfordern laufend neue Adaptationsprozesse und immunologische Höchstleistungen. Die Tageslichtlänge beeinflusst das Immunsystem vieler Säugetiere insofern, als kürzere Tageslichtlängen die Funktionen des Immunsystems verstärken. Bei Kleinsäugetieren werden zum Beispiel zur kälteren Jahreszeit, als die Zeit mit verkürzten Tageslichtlängen, die reproduktiven Aktivitäten eingestellt sowie die Bildung von Steroidhormonen und Prolaktin verringert. Weiterhin verändert sich ebenfalls die Melatonin-Sekretion. Die Ausschüttung der Hormone Prolaktin und/oder Melatonin bedingen die circadianen Effekte auf das Immunsystem und können sogar die Entstehung opportunistischer Krankheiten, wie beispielsweise Krebs, beeinflussen. Jahreszeitliche Unterschiede in der Größe, Struktur und Immunfunktion lymphatischer Organe sowie Krankheitsprozesse und deren mögliche Interaktion mit immer wiederkehrenden jahreszeitlich bedingten Stressfaktoren wurden untersucht. Lymphatische Organe erreichten eine maximale Organgröße und -struktur in den späten Herbst- und frühen Wintermonaten. Jahreszeitlich bedingte Minima wurden vor der Reproduktionsphase beobachtet. Besonders in sehr kalten Wintermonaten, wenn gewisse Stressoren das eigentlich während verkürzter Tageslichtlängen verstärkt arbeitende Immunsystem überwältigen, kann dieses in manchen Populationen geschwächt werden. So konnten erhöhte Steroidhormon-Konzentrationen im Blut nachgewiesen werden, die vermutlich die Folge von kältebedingten Stressfaktoren sind und das Immunsystem in Funktion und Leistungsfähigkeit supprimieren sowie katabole Stoffwechselprozesse beschleunigen (Nelson und Demas, 1996). Viele Autoren berichten -auch in der Humanmedizin- von gehäuft auftretenden Krankheiten im Winter (Gallerani et al., 2013) und von einer verstärkt ablaufenden immunologischen Reaktion während dieser für manche Tiere sehr herausfordernden Jahreszeit (Nelson und Demas, 1996). Die Immunglobuline des Rindes unterliegen signifikanten jahreszeitlichen Einflüssen und zeigen deutliche Konzentrationsunterschiede zu jeder Jahreszeit (Tizard, 2013).

#### 2.6.2. *Rotes und weißes Blutbild, Thrombozyten und Leberenzyme*

##### *Rotes Blutbild, Leukozyten*

Jahreszeitlich bedingte Schwankungen in der Umgebungstemperatur und Luftfeuchtigkeit sind Stressfaktoren, die die Biologie der Tiere beeinflussen. Von insgesamt 43 Piemont-Kühen wurde in den Untersuchungen von Mazzullo et al. (2014a) und Mazzullo et al. (2014b) zu jeder Jahreszeit (Januar, April, Juni und Oktober) eine Blutprobe genommen und untersucht. Obwohl die gemessenen blutchemischen Parameter innerhalb der für das Rind

angegebenen Referenzbereiche gemessen wurden, konnten Einflüsse durch variierende Umgebungstemperaturen, Luftfeuchtigkeit und Temperatur-Luftfeuchtigkeits-Index auf die untersuchten Parameter nachgewiesen werden. Die ermittelten Untersuchungsergebnisse sind nach Meinung der Autoren die physiologische Antwort der Tiere, mit umweltbedingten Stressfaktoren sowie jahreszeitlichen Variationen umzugehen. Während der warmen Jahreszeit wurden niedrigere Erythrozyten-, Hämoglobin- und Hämatokrit-Gehalte gemessen. Die Autoren führen diese Ergebnisse auf Änderungen im Wasserhaushalt der Tiere zurück. Hohe Umgebungstemperaturen können größere Flüssigkeitsverluste über die Haut und den Respirationstrakt bedingen und erfordern folglich große Wasseraufnahmen zur Kompensation der hohen Körpertemperatur. Diffundieren zur Regulierung der Körperinnentemperatur größere Flüssigkeitsmengen in den Kreislauf, so werden durch die einsetzende Hämodilution die Konzentrationen der Parameter im roten Blutbild verringert. Durch die Freisetzung von Kortikosteroiden und Epinephrin bei Tieren, die Hitzestress ausgesetzt sind, wird vermutet, dass auch die Leukozytenzahlen ansteigen. Diese Beobachtung konnten Mazzullo et al. (2014a) bestätigen, die sich diesbezüglich auf die Studien von Jain (1986) berufen. Casella et al. (2013) konnten ähnliche Konzentrationsverläufe der Parameter im roten Blutbild messen. Während die höchsten Erythrozyten-, Hämoglobin- und Hämatokrit-Konzentrationen in den kältesten Monaten (Januar und Februar) gemessen wurden, waren diese in den warmen Monaten (Juli und August) am geringsten. Der durch das Schwitzen bedingte Flüssigkeitsverlust ist beim Rind geringfügig. Die Tiere erhöhen ihre Flüssigkeitsaufnahme bei steigenden Umgebungstemperaturen, was eine Reduktion der Konzentration von Blutparametern zur Folge hat (Hämodilution). Demgegenüber wurden von Kumar und Pachauri (2000) höhere Konzentrationen der Parameter im roten Blutbild im Sommer ermittelt.

Hoops (2007) konnte durch eigene Untersuchungen und anhand bereits ermittelter Laborergebnisse anderer Autoren bei sämtlichen Stoffwechselparametern und ausgewählten Hämatologie-Werten (u. a. Leukozyten) jahreszeitliche Konzentrationsverläufe feststellen. In Bezug auf die Leukozyten-Gehalte ergaben sich allerdings im Verlauf eines Jahres keine signifikanten Konzentrationsunterschiede. Diese Erkenntnisse entsprechen den Untersuchungsergebnissen von Noonan et al. (1978), die keine jahreszeitlichen Einflüsse auf die Leukozyten-Gehalte feststellen konnten. Andererseits konnten Berglund und Oltner (1983) aufzeigen, dass die Konzentrationen u. a. der Leukozyten zwischen verschiedenen Jahren sowie zwischen den Jahreszeiten innerhalb eines Jahres signifikant variierten. Es konnte allerdings bezüglich dieser Variationen kein einheitliches Muster beobachtet werden.

Bei steigender Umgebungstemperatur zu wärmeren Jahreszeiten konnten Lee et al. (1976) responsiv eine Leukozytose unter Holstein-Kühen, die monatlich beprobt wurden, feststellen. Demgegenüber wurden geringere Hämatokrit-Gehalte (%) in der warmen Jahreszeit gemessen. Einen signifikanten Einfluss der Jahreszeit konnten ebenso Fisher et al. (1980) in ihren Untersuchungen u. a. über die Konzentrationen von Hämoglobin, Erythrozyten und Leukozyten aufzeigen. Hitze stellt für die meisten Kühe eine nicht unerhebliche Stresssituation dar. Zahlreiche Studien befassen sich mit den Auswirkungen von Hitzestress auf die Leistungsfähigkeit sowie Veränderungen im Blutbild der Kuh. So wurden erhöhte Gesamt-Hämoglobin-Gehalte bei Kühen während der wärmeren Monate zwischen Juni und September gemessen (Srikandakumar und Johnson, 2004).

In einer humanmedizinischen Studie konnten Röcker et al. (1980) im Sommer signifikant niedrigere Erythrozyten-Konzentrationen sowie erhöhte Leukozyten-Gehalte messen. Dagegen wurden keine signifikanten jahreszeitlichen Konzentrationsunterschiede im Hämoglobin-Gehalt der Probanden festgestellt.

### *Thrombozyten*

Die Gehalte der Blutplättchen nehmen mit steigenden Umgebungstemperaturen ab (Mazzullo et al., 2014a). Ebenfalls sinkende Thrombozyten-Konzentrationen bei höheren Umgebungstemperaturen im Frühling und Sommer konnten Casella et al. (2013) belegen. Verringerte Thrombozyten-Gehalte im Blut von Rindern werden durch höhere Umgebungstemperaturen in Hitzeperioden verursacht, da hohe Umgebungstemperaturen, nach übereinstimmender Meinung einiger Autoren, als die mitunter stärksten umweltbedingten Stressfaktoren, eine beträchtliche Belastung für Tiere bedeuten (Silanikove, 2000; Mirzadeh et al., 2010; Casella et al., 2013).

### *Leberenzyme*

Cozzi et al. (2011) untersuchten sämtliche Blutparameter von 740 Kühen zur Bestimmung von Konfidenzintervallen in Abhängigkeit der Anzahl der Geburten und des Laktationsstadiums sowie der Jahreszeit (Sommer versus Winter). Die Untersuchungen ergaben u. a. für Globulin- und Gesamtprotein-Konzentrationen höhere Konzentrationen während der Sommermonate, wohingegen jahreszeitliche Einflüsse bei Betrachtung der  $\gamma$ -Glutamyltransferase- und Laktatdehydrogenase-Gehalte nicht beobachtet werden konnten. Die  $\gamma$ -GT-Konzentration war in dieser Studie vom Laktationsstadium und der Laktationsanzahl abhängig.

Eine vergleichbare Studie aus der Humanmedizin kam zu dem Ergebnis, dass im Sommer signifikant höhere Konzentrationen u. a. der Laktatdehydrogenase gemessen wurden. Keine signifikanten Unterschiede wurden u. a. bei Betrachtung der Werte der  $\gamma$ -GT festgestellt (Röcker et al., 1980).

Während Jain und Bide (1985) niedrige LDH-Gehalte von auf Weideflächen gehaltenen Kühen (Gesamt-LDH sowie deren Isoenzyme) im Winter und höhere Gehalte im Sommer aufzeigen konnten, wurde kein jahreszeitlicher Einfluss in der Studie von Salplachta und Necas (2000) nachgewiesen. Allerdings stützten letztere ihre Untersuchungen auf die LDH-Werte von Kälbern. Dass im Sommer höhere LDH-Konzentrationen gemessen werden als im Winter, führen die Autoren auf eine veränderte Futter- und Wasserversorgung sowie körperliche Aktivität der Weidekühe zurück (Jain und Bide, 1985).

## **2.7. Vergleich zweier Haltungssysteme der Milchkuh sowie Vor- und Nachteile von Weidegang**

In der heutigen Zeit existieren besonders im süddeutschen Raum noch viele alte Ställe, so dass etwa 50% der Milchkühe deutschlandweit in Anbindung gehalten werden. Vor ca. 50 Jahren aber hat sich der Bau von Laufställen immer mehr durchgesetzt, die vor allem für den Landwirt bedeutsame arbeitswirtschaftliche Vorteile bieten (Richter und Karrer, 2006).

### **2.7.1. Anbindehaltung**

Die ursprünglichen Haltungsformen für Rinder aller Altersklassen und Nutzungsrichtungen sind laut Richter und Karrer (2006) Ställe mit Anbindehaltung. Aus der Sicht der Tiergesundheit, des Tierverhaltens und damit des Tierschutzes, weist diese Haltungsform erhebliche Mängel auf. Tierschutzrelevante Zustände waren und sind nicht auszuschließen. Vor allem sind die Tiere deutlich in ihrer Bewegungsfreiheit eingeschränkt, jedoch ist diese Einschränkung nicht so stark, dass zwangsläufig Schmerzen, Leiden oder Schäden auftreten (Sambraus und Steiger, 1997). Weiterhin spricht die immer noch hohe Anzahl an Ställen mit



Anbindehaltung dafür, dass zunehmend größere Tierbestände nicht immer eine Verschlechterung der Tiergerechtigkeit bedeuten müssen. Während sich die Bauweise vom Langstand bis Anfang der 1950er Jahre, über den Mittellangstand in den 1950er Jahren, bis hin zum Kurzstand Anfang der 1960er Jahre veränderte, ändert sich an der Tatsache nichts, dass die Tiere entweder über Halsrahmen oder („Grabner“) Ketten verschiedener Bauart an ihrem Fress- und Liegeplatz fixiert sind. Heutzutage leben Kühe in Anbindehaltung meist auf sogenannten Kurzständen mit Gitterrost bei langer Liegefläche. Bei dieser Standbauweise liegen die Tierkörper meist vollständig auf der z. T. mit Gummimatten ausgelegten Liegefläche, die ca. 180 cm lang, rutschfest und wärmedämmend sein sollte und um Druckschäden und Verletzungen durch Rutschbewegungen auf dem Boden zu vermeiden, ist ebenso eine Einstreu erforderlich. Ist die Standfläche nicht ausreichend großzügig bemessen, können weder Hinlegevorgang noch Aufstehen in artgemäßer Weise ablaufen. Eine zu straffe oder starre Anbindung bedingt häufig das sogenannte „Pferdeartige Aufstehen“ (Sambraus und Steiger, 1997; Richter und Karrer, 2006). Die Entmistung erfolgt über einen Gitterrost mit Treibmistkanal. Um zu verhindern, dass die Kühe bei längerer Liegefläche gleichzeitig diese aber mit Harn und Kot verschmutzen können, wurde der sogenannte Kuhtrainer eingeführt, der noch in vielen Ställen beobachtet werden kann. Dieser ist aber nach § 3 des Tierschutzgesetzes verboten und darf nicht mehr zum Einsatz kommen, zumal ca. 80% der Stromschläge nicht im Zusammenhang mit der Ausscheidung erfolgen (Kohli, 1987). Insbesondere birgt die Kurzstandaufstallung die meisten Tierschutzprobleme im Rinderbereich. Respiratorische Erkrankungen durch ein geringes Luftvolumen, Verletzungen an Zitzen, hervorstehende Knochenpunkte (Liegeschwielen) und Klauen (Rusterholzschne Sohlengeschwüre, Klauenabrisse) durch die geringe Liegefläche und den Gitterrost, Euterentzündungen durch verschmutzte Liegeflächen und Ektoparasitenbefall vor allem in der kalten Jahreszeit, sind häufige Folgen dieser Haltungsform (Sambraus und Steiger, 1997; Richter und Karrer, 2006). Insbesondere reflektieren periartikuläre Veränderungen die Auswirkungen von fehlerhaft konstruierten Liegeflächen und/oder Mängel bei der Einstreu von Liegeflächen (de Kruif et al., 2007). Weiterhin zeigen viele Kühe in Anbindehaltung kein physiologisches Verhalten, da sie in dieser Haltungsweise in Bewegung, Komfortverhalten und Sozialkontakt eingeschränkt sind. Aber auch das Brunstverhalten und sogar die Hormonsteuerung der Eierstockfunktion werden beeinträchtigt. Ohne einen grundsätzlichen Systemwechsel lassen sich die spezifischen Probleme der Kurzstandhaltung nicht lösen. Allerdings lässt sich das Ausmaß der Probleme sehr stark durch die Sorgfalt des Tierhalters beeinflussen (Richter und Karrer, 2006).

### 2.7.2. *Laufstallhaltung*

Unter den Milchviehställen gibt es seit den 1960er-Jahren immer mehr Laufställe. Gegenüber der Anbindehaltung sehen viele Landwirte betriebswirtschaftliche Vorteile im Bau von Laufställen. So ist das Füttern und Entmisten sowie das Melken in Melkständen mit einer geringeren Arbeitsbelastung und Zeitersparnis verbunden. Für die Kühe bieten Laufställe uneingeschränkte Bewegungsfreiheit und die Möglichkeit, intensive Sozialkontakte zu pflegen. Aber auch hier sind ein entsprechendes Management und bauliche Maßnahmen von großer Bedeutung, um die Haltung der Milchkuh so tiergerecht wie möglich zu gestalten. Der Laufstall, der am häufigsten gebaut wird, ist der Liegeboxenlaufstall. Jedes Tier hat eine eigene Liegefläche in einer Liegebox, die als Hochbox oder Tiefbox konstruiert werden kann. Hochboxen werden in der Regel mit Gummimatten ausgelegt und Tiefboxen sind meist eingestreut. Bei ordnungsgemäß eingestreuten Tiefboxen ist die Gelenkbelastung der Kuh am geringsten. Wenn das Abliegen als angenehm empfunden wird, so sollten sich mehr als 85% der Kühe innerhalb von 5 Minuten nach Betreten der Liegebox niederlegen. Neben den Liegeboxen gehören zu einem Laufstall ebenso Laufgänge, ein Futtertisch und ggf. ein Melkstand. Zusätzlich verfügen manche Betriebe über einen integrierten Laufhof im Freien. In den Liegeboxen ist oft auf arttypisches Verhalten zu treffen. So werden diese zum Stehen und Dösen, vor allem aber zum Liegen meist mit Wiederkauen genutzt sowie zur Ausübung von Komfortverhalten. Kühe liegen in Laufställen in ihren Liegeboxen täglich durchschnittlich zehn Stunden. Da Rinder aber der Allelomimetrie unterliegen, d. h. sie wollen alle zur selben Zeit das Gleiche tun, müssen entsprechend der Herdengröße ebenso viele Liegeboxen vorhanden sein (Sambraus und Steiger, 1997; Richter und Karrer, 2006). Untersuchungen von Molz (1989) zeigen, dass mit zunehmender Einstreumenge die Häufigkeit von Schäden an Karpus und Tarsus geringer ist. Ausreichend breite Laufgänge dienen der Lokomotion, dem Sozialverhalten, dem agonistischen Verhalten, dem Brunst- und Komfortverhalten sowie der Elimination. Für jede Kuh sollte mindestens ein Fressplatz zur Futteraufnahme und ggf. Fixation vorhanden sein. Trotzdem werden alle Annehmlichkeiten eines Laufstalles zum Problem, wenn dieser überbelegt ist. Rangniedere Kühe werden aus den Liegeboxen verdrängt, haben kürzere Liegezeiten und kommen eventuell im Gang zum Liegen, was wiederum das Entstehen von Verletzungen (Zitzen- und Schwanzverletzungen) und Erkrankungen (Euterentzündungen, Gelenkerkrankungen) begünstigt. Ebenso werden diese vom Fressen abgehalten und können schlechtere Leistungen erzielen. Auch in

Laufställen sind tierschutzrechtliche Probleme zu finden. So sind -wie auch bei der Anbindehaltung- Erkrankungen der Klauen, z. B. durch nasse und verschmutzte Laufgänge sowie fehlerhafte Spaltenböden keine Seltenheit (Sambraus und Steiger, 1997; Richter und Karrer, 2006). Mittlerweile sind sogar Klauen- und Gliedmaßen-Erkrankungen mit ca. 10% die dritthäufigste Abgangsursache bei Kühen in milchviehhaltenden Betrieben (de Kruif et al., 2007). Aber auch Verletzungen am Karpus, Tarsus und Hüfthöcker sind häufig. Diese entstehen besonders durch schlecht oder nicht eingestreute Hochboxen, bei ungünstigen Liegeboxenabtrennungen oder bei Gummimatten, die die Haare über den Knochenpunkten abradieren. Im Bereich der Futtertischabtrennungen sind oft Verletzungen an Karpus und Widerrist die Folge. Je nach Beschaffenheit der Spaltenböden und Säuberungsmöglichkeit der Laufgänge können Tiere durch Ausrutschen Verletzungen im Beckenbereich bis hin zu Knochenbrüchen und Adduktorenabriss erleiden. Gerade bei planbefestigten Böden in den Laufgängen ohne Einstreu häufen sich durch geringfügige Abnutzung des Klauenhorns Erkrankungen an den Klauen (Molz, 1989). Wenn Kühe nicht genügend Platz haben, um ihr Rangordnungsverhalten ausleben zu können, so sind ebenso teils schwere Verletzungen und im Falle sozial schwacher Tiere ein schlechter Ernährungszustand zu beobachten. Manche rangniedere Tiere haben oftmals lange Standzeiten auf hartem Untergrund, die wiederum zu belastungsbedingten Quetschungen der Klauenlederhaut mit entsprechend sekundären Veränderungen führen (Richter und Karrer, 2006; de Kruif et al., 2007).

### 2.7.3. *Weidegang*

Besonders für Milchkühe, die in Ställen mit Anbindehaltung untergebracht sind, ist Weidegang zumindest in den Sommermonaten von großer Bedeutung. Der Weideaustrieb ist grundsätzlich die Haltungsform, die als tiergerecht und naturnah bezeichnet werden kann. Früher war es üblich, die Tiere im größten Teil des Jahres bei Tag auf die Weide zu verbringen. Aber auch damals gab es schon Betriebe, die aus verschiedensten Gründen keine Möglichkeit hatten, ihren Kühen Weidegang zu ermöglichen. Wenn Weidegang eine Option ist, so können Kühe das Stallklima besser kompensieren, da die Belastung durch Schadgase, Stäube und Mikroorganismen zeitweise verringert wird und haben außerdem die Gelegenheit, sich neben den langen Zeiten in Anbindung, zu bewegen. Generell können Kühe auf der Weide arttypisches Verhalten ausleben. Einige Faktoren im Management sind aber zu beachten: So muss das Weidefutter in seiner Zusammensetzung und in seinen Inhaltsstoffen auf den Bedarf der Kuh abgestimmt sein. Eine unzureichende Nährstoffversorgung oder

gesundheitsschädliche Pflanzen auf der Weide können zu schweren gesundheitlichen Störungen führen. Gegebenenfalls muss im Winter oder auf kargen Weiden sogar zugefüttert werden. Neben dem Weidefutter ist der Zugang zu hygienisch einwandfreiem Wasser mindestens genauso wichtig. Die Wasserquelle muss laufend kontrolliert und gegebenenfalls aufgefüllt werden. Eine qualitativ gute Weide alleine reicht nicht aus, um den Bedürfnissen der Kuh gerecht zu werden. Gerade in den heißen Sommermonaten ist es wichtig, dass Kühe einen Witterungsschutz in Anspruch nehmen können. Dieser sollte in Konstruktion und Funktion für jede Kuh zugänglich sein und auch von rangniederen Kühen genutzt werden können. Denn besonders schwächere Tiere leiden doppelt, wenn sie einerseits der Hitze ausgesetzt sind und andererseits zuweilen stundenlang nicht an die Tränke gelassen werden. An heißen Tagen soll der Witterungsschutz Schatten, eine weiche Liegefläche bieten und möglichst Luftbewegungen zulassen. An kalten Tagen, die den Kühen in der Regel angenehmer sind, müssen sie die Möglichkeit haben, sich aufzuwärmen und weich und trocken zu liegen. Probleme in Bezug auf Weidegang gibt es dann, wenn die Tiere nicht bedarfsgerecht gefüttert werden und besonders Milchkühe nicht genügend Energie und Nährstoffe während der Weideperiode aufnehmen können. Azetonämie, Weidetetanie oder Gebärparese können mögliche gesundheitliche Folgen sein. Ebenso kann ein mangelhafter oder gar kein Witterungsschutz durch verschmutzte und/oder durchnässte und unterkühlte Tiere, weitreichende gesundheitliche Auswirkungen nach sich ziehen (Richter und Karrer, 2006). Milchkühe sind besonders anfällig für Hitzestress, was sich unter anderem auch in einem beeinträchtigten Reproduktionsgeschehen zeigt (Collier et al., 2006). Bei höherer Lufttemperatur ohne Schattenplatz können Kühe hyperventilieren und brechen oft in ihrer Milchleistung ein (Johnson und Vanjonack, 1975). Wenn Tiere auf Weiden verbracht werden, so ist mit einem erhöhten Parasitenbefall zu rechnen. Endo- und Ektoparasiten können durch unzureichende oder fehlerhafte Behandlung zu morphologischen Schäden, Nährstoffentzug und Belästigung der Tiere führen und spielen letztendlich auch in der Fleischhygiene eine nicht zu vernachlässigende Rolle. Folgen eines massiven Parasitenbefalls können schwere Abmagerung, Durchfall, Anämie bis hin zu Todesfällen sein (Sambraus und Steiger, 1997; Richter und Karrer, 2006).

## **2.8. Immun- und Gesundheitsstatus der Kuh in Abhängigkeit der Haltungform**

Konkrete Messungen von Parametern zur Beurteilung des Immun- und Gesundheitsstatus der Kuh in Abhängigkeit von der Haltung, wie z. B. die Konzentration löslicher und zellulärer Komponenten der unspezifischen und spezifischen Immunabwehr, sind in der Literatur nur sehr begrenzt wiedergegeben. Zahlreiche Studien behandeln das Thema rund um den Kuhkomfort unter verschiedenen Haltungsbedingungen mit oder ohne Zugang zur Weide. Indirekte Parameter, wie z. B. das Verhalten von Kühen unter gewissen Haltungsbedingungen oder die Häufigkeit von Erkrankungen, können weitere Hinweise auf die Gesundheit und den Immunstatus liefern.

### *2.8.1. Messbare Parameter zur Bewertung des Immun- und Gesundheitsstatus*

Sämtliche Faktoren, beispielsweise ungeeignete Haltungsbedingungen, die für das Immunsystem eine große Herausforderung darstellen, lösen eine verstärkte Immunreaktion mit messbar höheren IgG-Konzentrationen aus. Dies konnte Rütz (2010) in Untersuchungen feststellen, in denen Kühe in einer schlechteren Haltungsumgebung mit erhöhtem Keimdruck gleichzeitig auch erhöhte Serum-IgG-Konzentrationen (Stalldurchschnitt von 30,7 mg/ml) aufwiesen. Die Kühe, die stärker verschmutzt waren, hatten höhere messbare IgG-Konzentrationen. Außerdem konnte bei den Kühen, bei denen die Tarsalgelenksbewertungen schlechter ausfielen, ebenso verstärkte Entzündungsreaktionen am Tarsus und folglich höhere IgG-Gehalte im Blut festgestellt werden. So ergaben die Auswertungen der IgG-Messungen für die teilnehmenden Betriebe einen Stalldurchschnitt zwischen 15,9 und 30,7 mg/ml IgG, mit einem Mittelwert von  $20,1 \pm 0,7$  mg/ml IgG. Der Einfluss des Keimdruckes aus der Haltungsumgebung überwog dem normalerweise immunsuppressiven Einfluss von Cortisol, das stressbedingt durch ungeeignete Haltungsbedingungen ausgelöst werden kann, jedoch in der Studie von Rütz (2010) in konstant niedrigen Konzentrationsspiegeln gemessen wurde. Auch die Gesamtleukozytenzahl kann nach Angaben der Autorin Hinweise auf das Vorhandensein entzündlicher Erkrankungen geben, spielte aber in ihrer Studie keine bedeutende Rolle. Eine quantitative Bestimmung der Leukozyten ist ebenso laut Müller und Sauerwein (2005) durchaus zur Identifizierung der Tiere geeignet, die pathologische Abweichungen zeigen.

Können Kühe artgemäßes Verhalten nicht ausreichend ausleben, so sind Stress und Frustration die Folgen (Krohn und Munksgaard, 1993). Stresshormone, insbesondere

Glucocorticoide, haben eine immunsuppressive Wirkung (Rütz, 2010). Unter Stress ändern sich nicht nur die allgemeinen Funktionen der Leukozyten im Immungeschehen, sondern stressreiche Zustände reduzieren die IFN- $\gamma$ -Sekretion durch Lymphozyten, beeinträchtigen die Antigenpräsentation und können die Immunantwort -auch nach erfolgter Vakzination- negativ beeinflussen und/oder verspäten (Kehrli et al., 1999). In zahlreichen Studien wurde beschrieben, wie Entzündungsreaktionen, Hautläsionen, Infektionen und bakterielle Besiedelungen sowohl sämtliche Stresshormone als auch lösliche Komponenten der unspezifischen Immunabwehr im Blut ansteigen lassen (Petersen et al., 2004; Lomborg et al., 2008; Hajimohammadi et al., 2013). Unter messbaren Parametern kommen neben den Glucocorticoiden auch die Akute-Phase-Proteine (APP), einschließlich Serumamyloid A (SAA) und Haptoglobin in Frage, die als Indikatoren für eine Belastung oder Schädigung des Organismus vermehrt gebildet werden. Denn wenn Entzündungsreaktionen eine gewisse Intensität übersteigen, so kommt es binnen weniger Stunden zu einer unspezifischen Immunantwort, wie z. B. zu einer Akute-Phase-Reaktion (Lösch et al., 2000). Einen Anstieg dieser Parameter konnten Lomborg et al. (2008) bei ihren Versuchskühen beobachten, die in einen Anbindestall mit unzureichend-befestigten Untergrund verbracht wurden. Auch Müller und Sauerwein (2005) bestätigen, dass sich entzündliche Vorgänge, Futterentzug und auch massiver Stress in einer gesteigerten Haptoglobinproduktion, welches das Haupt-APP des Rindes ist, äußert. Stressempfinden der Kuh durch zu hohe Umgebungstemperaturen in schlecht isolierten oder ungenügend belüfteten Ställen oder auch durch fehlende Schattenplätze auf der Weide, wird von vielen Autoren beschrieben. Die thermoneutrale Zone der Milchkuh umfasst Umgebungstemperaturen zwischen 1,7°C und 21,0°C, abhängig von Rasse, Akklimatisierung, Milchleistung und Futteraufnahme. Auch die Luftfeuchtigkeit spielt eine wesentliche Rolle. So hat diese bei einer Temperatur von 24,0°C kaum einen Einfluss auf die Milchleistung, führt jedoch bei Temperaturen von 34,0°C zu einem deutlichen Leistungsabfall (Johnson und Vanjonack, 1975). In einer aktuelleren Studie von do Amaral et al. (2011) konnte sogar nachgewiesen werden, dass Hitzestress im peripartalen Zeitraum der Kuh zusätzlich die Produktion von Antikörpern beeinträchtigt und auch die Funktion der neutrophilen Granulozyten, gemessen an Phagozytoseaktivität und „oxidative burst“, negativ beeinflusst.

Die Messung der Kerntemperatur der Kühe kann Hinweise auf den momentanen Gesundheitsstatus liefern. Die Richtwerte liegen beim Rind zwischen 37,5°C und 39,5°C. Ein Wert oberhalb der Richtwerte kann ein Anzeichen von Fieber sein, sofern die Messung bei normaler Umgebungstemperatur und nach längerer Ruhe erfolgte. Exogene Pyrogene (wie

z.B. Lipopolysaccharide aus Bakterien) induzieren über Interleukine die Bildung von Prostaglandin E<sub>2</sub>. Interleukine lösen eine Immunantwort aus und erhöhen die Kerntemperatur über ihren Sollwert. Über eine verminderte Hautdurchblutung und Kältezittern wird die Kerntemperatur dem neuen Sollwert angepasst (=Fieber), (Jessen, 2000). Fieber unterscheidet sich allerdings von einer Hyperthermie dahingehend, dass beim Fieber keine erhöhte Wärmeabgabe erfolgt. Erst nach Abklingen des Fieberschubes verringert sich auch der Sollwert wieder unter die momentane Kerntemperatur, was sich durch Hecheln oder vermehrtes Schwitzen erkennbar macht (Steinlechner, 2015). Die Körpertemperatur der Kühe wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Passarge (2013) beschäftigte sich in ihrer Studie eindringlich über die Messung der Körperoberflächentemperatur mittels Infrarot-Thermographie. Kühe ließen im letzten Trimester der Hochträchtigkeit deutlich höhere Körpertemperaturen messen, wohingegen ein bis zwei Tage vor der Geburt ein Temperaturabfall beobachtet werden konnte (Wrenn et al., 1961). Im Puerperium kann sich aufgrund der Resorption der Lochien im Uterus die Körpertemperatur kurzzeitig auf über 39,5°C erhöhen (Grunert, 1993). Daneben nimmt mit zunehmendem Alter der Kühe bzw. steigender Laktationszahl (ab der dritten Laktation) die physiologische Körpertemperatur ab. Weitere wichtige Einflussfaktoren sind Tageszeit (abends sind höhere Oberflächentemperaturen messbar) und Umgebungstemperatur (Passarge, 2013). Auch der Verschmutzungsgrad kann die Körpertemperatur beeinflussen. So konnte Passarge (2013) höhere Oberflächentemperaturen von Euter und Klauen bei zunehmendem Verschmutzungsgrad dieser Körperflächen messen.

#### 2.8.2. *Indirekte Parameter zur Bewertung des Immun- und Gesundheitsstatus*

Aspekte der Gesundheit und des Wohlbefindens von Kühen in Anbindehaltung (mit Auslauf im Sommer bzw. ganzjährigem Auslauf) und Laufstallhaltung (mit ganzjährigem Auslauf) wurden u. a. in einer Studie von Regula et al. (2004) untersucht. Dabei wurden als untersuchte Parameter Lahmheiten, Hautläsionen an Knochenvorsprüngen, Zitzenverletzungen, mangelndes Platzangebot zum Ruhen und Häufigkeiten von medikamentösen Behandlungen herangezogen. Keinen Einfluss der Haltungsbedingungen war bei den Zahlen behandelter Kühe zu vermerken. In Bezug auf das Wohlergehen der Kühe, gemessen anhand von Parametern wie abnormes Aufstehen, Ernährungszustand, Sauberkeit des Euters und der Hintergliedmaßen sowie Hautverletzungen -ausgenommen die der Zitzen und des Sprunggelenks-, spielt das Haltungssystem ebenfalls keine Rolle. Letztendlich aber konnte

festgestellt werden, dass Laufställe mit regelmäßiger Bewegung der Kühe im Freien einen positiven Einfluss auf sämtliche untersuchte Parameter haben. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch andere Autoren, die z. B. durch regelmäßige Bewegung der Kühe einen positiven Effekt auf Lahmheiten (Gustafson, 1993; Beaudeau et al., 2000) sowie auf das Niederlegen (Gustafson, 1995) beobachteten. Diese Meinung wird ebenso von Hernandez-Mendo et al. (2008) vertreten, die Kühe mit Lahmheiten in Laufställen untersuchten. Laufställe bieten - sofern sie tiergerecht konzipiert werden- den Kühen geeignete Fress- und Liegeplätze, allerdings keine komfortablen Stehmöglichkeiten. Der kotverschmierte Betonboden bietet keine trittsichere Lauffläche, so dass viele Kühe steif gehen müssen, um nicht auszurutschen. Das Risiko von Klauenverletzungen und -erkrankungen ist in Laufställen erhöht. Bereits erkrankte Tiere können sich während einer kurzen Weideperiode rasch erholen, indem sie sich insgesamt öfter bewegen, weniger zum Liegen kommen und sich folglich auf dem Weideboden offensichtlich wohler und sicherer fühlen. Dass nicht immer nur Laufställe im Vergleich zur Anbindehaltung besser abschneiden, zeigt ebenso eine Studie von Sogstad et al. (2005), in der die Anzahl der Kühe mit Klauenerkrankungen in Laufställen mit 71,8% deutlich größer ist als die Zahl der Kühe mit Klauenerkrankungen in Anbindehaltung (48,0%).

Krohn et al. (1992) haben über einen Zeitraum von 2,5 Jahren 48 Kühe in vier unterschiedlichen Haltungssystemen (1 Tiefstreu Stall, 3 Anbindeställe) mit je 12 Tieren untersucht: Bei den 12 Kühen, die auf Tiefstreu gehalten wurden und freien Zugang u. a. zu einer Weidefläche hatten, konnte festgestellt werden, dass die Kühe im Sommer eine größere Stundenanzahl auf der Weide verbrachten als im Winter. Ebenso kamen sie im Sommer hauptsächlich auf der Weide zum Liegen, im Winter bevorzugten sie die Stroheinstreu im Stall. Während des Sommers verbrachten die Tiere auch in dieser Studie nachts, zwischen Abenddämmerung und Tagesanbruch, die meiste Zeit auf der Weide. Dabei verbrachten sie im Sommer mehrere Stunden pro Tag mit dem Grasens auf der Weide (4 Stunden) und nur durchschnittlich 1,3 Stunden pro Tag mit der Futteraufnahme im Stall. Außerdem konnte beobachtet werden, dass die Kühe auf der Weide weniger Zeit benötigten, um einen geeigneten Liegeplatz auszuwählen als die Kühe, die in Anbindehaltung untergebracht waren. Auch die gesamte Liegezeit und die Abliegefrequenz war bei den Kühen in Anbindehaltung deutlich länger bzw. häufiger als bei den Kühen mit Zugang zur Weide (Krohn und Munksgaard, 1993; Hernandez-Mendo et al., 2008). Die Liegeposition scheint ebenso von der Haltungsweise abhängig zu sein. So nehmen die Kühe auf der Weide und auch in der Tiefstreu vermehrt Positionen ein, bei denen der Kopf ebenfalls abgelegt wird bzw. das Tier



flach auf der Seite zum Liegen kommt. Bezüglich des sozialen Verhaltens von Kühen im Laufstall mit Zugang zur Weide konnte außerdem gezeigt werden, dass agonistisches Verhalten im Stall häufiger beobachtet werden konnte als auf der Weide. Im Stall sind sowohl das Futterangebot und der Zugang zum Fressplatz limitiert als auch die individuelle Distanz. Allerdings wurde auch gegenseitige Fellpflege häufiger auf der Weide beobachtet, was verdeutlicht, dass gegenseitiges affines Verhalten vor allem dann gezeigt wird, wenn keine Konkurrenz um den Platz oder um das Futter besteht.

Kühe in Anbindehaltung haben laut Krohn (1994) eine eingeschränkte Bewegungsfreiheit. Als Folge davon werden Sozialverhalten, gegenseitige Fellpflege und exploratives Verhalten beeinflusst. Unter den Kühen in der Anbindehaltung mit betonierten Liegeflächen und Stroheinstreu zeigten sich längere Liegezeiten als bei den Kühen, die auch angebunden, aber auf Gummimatten und Stroh gehalten wurden. Auch in Bezug auf die Vorkommenshäufigkeit von Entzündungen der Gewebe an Knochenvorsprüngen konnte generell in allen drei Gruppen der Anbindehaltung mehrere betroffene Kühe verzeichnet werden. Besonders die Anbindehaltung auf harten, spärlich eingestreuten Böden führte zu den meisten Zitzenverletzungen unter den Kühen. Besonders viele angebundene Kühe zeigten exploratives Verhalten vor allem bezüglich der Stallausstattung, was auf mangelnde Stimuli aus der Umwelt zurückzuführen ist. Die Frequenz gegenseitigen Beleckens sowie Selbstpflege ist unter den Kühen in Anbindehaltung sogar häufiger zu beobachten. Vor allem besteht der Bedarf, die schwer zu erreichende Hinterextremität zu belecken und zu kratzen, was bei den Kühen in Anbindung nur begrenzt möglich ist. Deshalb ist anzunehmen, dass die vermehrt beobachtete Selbstpflege und Pflege anderer Kühe als eine Art Ersatzhandlung anzusehen ist. Kühe, die nicht angebunden waren, zeigten eine deutlich niedrigere Frequenz in der Fellpflege, wobei darunter insgesamt am häufigsten noch die Hinterextremität gesäubert wurde. Das Andrücken an und Schieben gegen die Anbindevorrichtung konnte ebenso sehr häufig beobachtet werden und ist vermutlich auf den unbeliebten Abliegevorgang zurückzuführen. Die Möglichkeit zur, wenn auch zeitlich begrenzten Bewegung in einem befestigten Laufhof, erwies sich durchaus als positiver Einfluss auf das Sozialverhalten der Kühe.

Insgesamt kann anhand dieser Studie (Krohn, 1994) festgestellt werden, dass dauerhaftes Anbinden von Kühen ohne die Möglichkeit, normales Sozial- und Pflegeverhalten zu zeigen sowie das Bedürfnis nach Exploration auszuleben, scheinbar die arttypischen Verhaltensweisen der Kuh verändert. Dabei konnte bereits durch einen einstündigen Aufenthalt im Laufhof Kuh-typisches Sozialverhalten, Pflegeverhalten und exploratives

Verhalten deutlich häufiger vermerkt werden.

In einer weiteren Studie über das Wohlergehen von Kühen in Anbindehaltung wird ausdrücklich darauf aufmerksam gemacht, dass grundsätzlich nicht jede Anbindehaltung negative Auswirkungen auf die Kuh nach sich zieht. Angebundene Kühe würden aber von einem gesteigerten Wohlempfinden profitieren, wenn die Ställe komfortabel und sauber gehalten werden, Futter- und Tränkequalität einwandfrei sind sowie das Futterangebot der Leistung entsprechend angepasst wird. Außerdem wird ebenso die große Bedeutung einer Auslaufmöglichkeit, sei es im Laufhof, Paddock oder Weide betont und nicht zuletzt auch die Beziehung zum Stallpersonal (Popescu et al., 2013).

Ebenso lassen einige Untersuchungen auf die Vorlieben der Kuh bezüglich ihres Aufenthaltes im Stall oder auf der Weide schließen.

Nach einer Studie von Legrand et al. (2009) kann nicht eindeutig eine Vorliebe für den Aufenthalt im Laufstall, noch für den Gang zur Weide aufgezeigt werden. Vielmehr bedingen andere Faktoren, wie z. B. die Tageszeit und Umweltbedingungen den bevorzugten Aufenthaltsort. Wenn Kühe die Wahl haben, außerhalb der täglichen Melkzeiten sich zwischen dem Stall oder der Weide zu entscheiden, so verbringen durchschnittlich 46% der Kühe die Zeit zwischen dem Melken im Laufstall. Die Meinung der Autoren ist jedoch, dass sie wohl mehr Zeit auf der Weide verbringen würden, wenn sie nicht zweimal am Tag zum Melken in den Stall getrieben werden müssten. Während des Tages hielten sich die meisten Kühe im Laufstall auf und nutzten den Stall mit zunehmender Umgebungstemperatur als Schattenplatz, wohingegen nachts die Weide bevorzugt wurde. Wenn Kühe ohne Zugang zum Stall auf der Weide gehalten werden, so erreichen sie die geringsten Liegezeiten. Dies liegt nicht nur am Grasens, sondern vermutlich auch daran, dass Kühe die Wiese als Untergrund komfortabler empfinden und auch der Aufstehvorgang als unproblematischer wahrgenommen werden könnte. Im Gegensatz dazu verbringen Kühe, die nur im Laufstall ohne freien Zugang zur Weide gehalten werden, mehr Zeit beim Liegen. In einer weiteren Studie von Charlton et al. (2013) konnte aufgezeigt werden, unter welchen Bedingungen die Kühe den Gang zur Weide dem Stallaufenthalt vorziehen. Dabei war die Distanz zwischen Stall und Weide der ausschlaggebende Parameter. Je weiter die Weide vom Stall entfernt liegt, desto weniger motiviert sind Kühe, ihre Zeit auf der Weide zu verbringen. Dies gilt aber nur für die Zeit während des Tages. Nachts wird unabhängig von der Distanz zwischen Stall und Weide der Aufenthalt auf der Wiese bevorzugt. Weiterhin wurde beobachtet, dass mit zunehmender Distanz zur Weide die Zeit während des Grasens abnimmt und mehr Zeit auf der Strecke zwischen Stall und Weide verbracht wird. Insgesamt aber konnte eine durchschnittliche

Vorliebe für den Weidegang von 57,8% der Kühe verzeichnet werden. Wetterbedingungen haben ebenso einen Einfluss auf die Wahl des Aufenthaltsortes. So verbringen Kühe während regnerischen Tagen mehr Zeit im Stall und weniger Liegezeiten auf der Wiese (Spörndly und Wredle, 2004; Charlton et al., 2011a).

Insgesamt kann festgehalten werden, dass das Grasens auf der Weide einen bedeutsamen Faktor für das Wohlbefinden der Milchkuh darstellt (Rushen et al., 2008). Die Gesundheit und die Leistungsfähigkeit der Kühe werden laut Chapinal et al. (2012) nicht beeinträchtigt, wenn man Kühe tagsüber für eine optimale Nährstoff- und Energieversorgung im Stall hält, ihnen aber nachts die Möglichkeit zum Weidegang gewährt. Gleiche Ergebnisse wurden durch ein weiteres Forschungsprojekt erzielt, in dem die Kühe nachts auf der Weide grasen konnten und tagsüber im Stall gehalten wurden. Weder Körperkondition und -gewicht noch Milchleistung wurden durch den nächtlichen Weidegang beeinträchtigt. Ebenso wurde auch in dieser Studie festgestellt, dass Kühe in Abhängigkeit von der Tageszeit und den klimatischen Bedingungen den Weidegang beanspruchen. Sie bevorzugen den Aufenthalt auf der Weide während der Nacht und an kühlen Tagen. Zeitweise gewährter Weidegang fördert Wohlbefinden und Gesundheit der Kühe und ist eine praktikable Möglichkeit, um gleichzeitig hohe Milchleistungen zu erhalten (British Columbia, 2010). Burow et al. (2011) stellten fest, dass das Mortalitätsrisiko unter Weidekühen auf 46% reduziert wurde, im Vergleich zu Kühen, denen kein Weidegang gewährt wurde und die mit automatisierten Melksystemen gemolken wurden. Unter den manuell gemolkenen Kühen wurde ein noch niedrigerer Prozentsatz ermittelt. Die Mortalitätsrate unter den Kühen mit Weidegang sowie manuellem Melken ging auf 75% zurück. Mit jeder weiteren Stunde auf der Weide reduzierte sich das Mortalitätsrisiko. Falk (2004) konnte in seinen Untersuchungen feststellen, dass Milchkühe aus der Weidegruppe (Tiere wurden während der Aufzucht und Trächtigkeit auf Weideflächen gehalten) in der zweiten Laktation eine höhere Milchleistung, bessere Fruchtbarkeitsparameter und ein geringeres Abgangsgeschehen erreichten im Vergleich zu den Kühen aus der Stallgruppe.

Das durchschnittliche Lebensalter der Kuh bzw. die Nutzungsdauer kann einen Hinweis auf deren Gesundheitsstatus liefern. Langlebige Kühe mit hoher Milchleistung erkrankten weniger häufig an Klauenproblemen und Lahmheiten, haben eine bessere Eutergesundheit und Fertilität und werden im Durchschnitt weniger oft wegen Puerperal- oder Stoffwechselerkrankungen behandelt (Rohde et al., 2009). Eine Studie von Dechow et al. (2011) untersuchte u. a. das Lebensalter ( $\geq 6$  Jahre), die Laktationsanzahl ( $\geq 5$ . Laktation), Mortalitätsrate und Abgang der Tiere innerhalb von 60 Laktationstagen von mehr als 400

Milchkühen aus fünf verschiedenen Haltungssystemen (Anbindehaltung ohne Weidegang, Anbindehaltung mit Weidegang und TMR-Fütterung, Anbindehaltung mit Weidegang ohne TMR-Fütterung, Laufstall mit und ohne Weidegang). Dabei war unter den Kühen aus der Anbindehaltung mit Weidegang und ohne TMR-Fütterung die Mortalitätsrate (2,0%) sowie die Abgangsrate innerhalb von 60 Laktationstagen (5,1%) am geringsten und zusätzlich wurden in diesem Haltungssystem die meisten Kühe älter als 6 Jahre (13,8%). Bei diesen Kühen konnten ferner hohe Lebensmilchleistungen, günstige Fett/Eiweiß-Quotienten sowie geringe Zellgehalte der Milch festgestellt werden. Demgegenüber wurden unter den Kühen aus dem Laufstall ohne Weidegang vergleichsweise hohe Mortalitätsraten (8,3%), viele Tiere, die innerhalb der ersten 60 Tage der Laktation zum Schlachten gingen (9,7%) und weniger alte Kühe (6,4%) verzeichnet. Demnach wirkt sich der Trend zu immer effizienteren Managementsystemen in Milchviehbetrieben nicht nur positiv auf das Wohlbefinden und die Gesundheit der Kuh aus. Nach Meinung der Autoren wird zugunsten der Wirtschaftlichkeit und Rentabilität gegenwärtiger Milchviehbetriebe am Kuhkomfort gespart.

### **3. TIERE, MATERIAL UND METHODEN**

---

Im Zeitraum von Februar 2013 bis Juni 2014 wurde von insgesamt 237 Milchkühen und 242 Kälbern der Rasse Deutsches Fleckvieh Blutproben genommen. Dabei handelt es sich ausschließlich um diagnostische Blutentnahmen, die im Rahmen der tierärztlichen Bestandsbetreuung durchgeführt wurden. Die Kälber wurden innerhalb dieses Zeitraums von den beprobten Kühen auf den 23 teilnehmenden oberbayerischen Milchviehbetrieben geboren. Für die vorliegende Studie wurden außerdem 231 Kolostrumproben untersucht. Unter den 23 Betrieben wirtschaften vier Betriebe (Betrieb 18, 21, 22 und 23, siehe Tabelle 2) nach den Vorschriften und Zielen der Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates vom 28. Juni 2007 über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen. Die restlichen 19 Betriebe wirtschaften nach konventionellen Gesichtspunkten.

In einigen Betrieben erhielten die Kühe (n=144) zum Zeitpunkt des Trockenstehens eine Mutterschutzvakzine [Rotavec®Corona, MSD Tiergesundheit, Kombinationsimpfstoff mit bovinen Rotaviren, bovinen Coronaviren und E. coli F5 (Fimbrienantigen), inaktiviert], die laut Hersteller die Schwere der Neugeborenenendiarrhoe vermindert und deren Inzidenz reduziert.

Die Ausgangszahl der Kühe zu Beginn des Untersuchungszeitraumes betrug n=232 Kühe. Da einige Kühe während des Projektes im Jahr 2013-2014 unerwartet aus einigen Betrieben ausschieden, wurden im Laufe des Jahres sogenannte „Ersatzkühe“ in die Studie aufgenommen, um annähernd die Ausgangszahl wieder zu erreichen (Endzahl: n=216; Punkt 4.2.7.5.). Insgesamt konnten 237 Kühe und 242 Kälber während des Untersuchungszeitraumes zu diagnostischen Zwecken beprobt werden.

Die Verteilung der Kühe und Betriebe auf die vier Haltungssysteme sowie Anzahl der Kühe und Kälber sind aus nachfolgender Tabelle 2 zu entnehmen.

**Tabelle 2:** Anzahl der Kühe zu Beginn der Untersuchung sowie Anzahl der während des Untersuchungszeitraumes geborenen Kälber (n), verteilt auf Haltungssysteme und Betriebe; BIO=ökologischer/biologischer Betrieb

Haltungssystem	Betriebs- nummer	Anzahl Kühe (n)	Anzahl Kälber (n)	Gesamtzahl Kühe (n)	Gesamtzahl Kälber (n)
1) Anbindehaltung ohne Weidegang	1	11	10	62	60
	2	10	11		
	3	10	9		
	4	10	7		
	5	11	13		
	6	10	10		
2) Laufstall ohne Weidegang	7	10	11	51	53
	8	10	10		
	9	10	10		
	10	11	12		
	11	10	10		
3) Anbindehaltung mit Weidegang	12	10	10	63	65
	13	10	10		
	14	11	13		
	15	11	10		
	16	11	12		
	17	10	10		
4) Laufstall mit Weidegang	18 (BIO)	10	10	61	64
	19	10	11		
	20	10	12		
	21(BIO)	10	10		
	22(BIO)	11	11		
	23(BIO)	10	10		

### 3.1. Haltung der Kühe

Die 23 Milchviehbetriebe wurden auf vier verschiedene Haltungssysteme aufgeteilt (siehe Tabelle 2). In jedem Betrieb wurden 10 bis 11 bereits besamte oder schon nachweislich trächtige Kühe verschiedenen Alters für die Studie ausgewählt.

In zwölf der 23 Betriebe wurden die Kühe angebunden und auf Gummimatten oder Einstreu gehalten. Davon erhielten die Kühe von sechs Betrieben die Möglichkeit zum Weidegang, die Kühe weiterer sechs Betriebe wurden ganzjährig im Stall gehalten.

Bei den verbleibenden 11 Betrieben handelt es sich um Boxenlaufställe mit Spaltenböden. Die Kühe von sechs Betrieben wurden von Frühjahr bis Herbst (teilweise ganzjährig) auf angrenzende Weiden getrieben. In weiteren fünf Betrieben wurden sie ausschließlich im Stall gehalten.

## **3.2. Kälber**

### *3.2.1. Haltung und Fütterung*

In fast allen Betrieben wurden die Kälber nach der Geburt in Holzboxen oder Iglus verbracht und vom Landwirt mit Kolostrum aus Saugflaschen oder Tränkeemern gefüttert. Nur in zwei Betrieben (Betrieb 15, n=1; Betrieb 22, n=10) blieben insgesamt elf Kälber in den ersten Lebenstagen beim Muttertier in einer Tiefstreubox, konnten beliebig Kolostrum aufnehmen und wurden teilweise zusätzlich vom Landwirt mit Kolostrum aus dem Tränkeimer versorgt. Einige Kälber (n=14), deren Muttertiere auf der Weide oder unbemerkt im Stall kalbten, nahmen ebenso -nach Aussage der Landwirte- eine unbekannte Menge an Erstkolostrum direkt vom Euter zu sich, wurden dann aber von der Kuh getrennt und nachfolgend vom Landwirt im Stall versorgt.

Deshalb konnte von insgesamt 25 Kälbern, die nach der Geburt die Möglichkeit hatten, Erstkolostrum vom Euter der Kuh aufzunehmen, keine Gesamtaufnahme an kolostralem Immunglobulin-G (g) ermittelt werden, da die aufgenommene Menge an Erstkolostrum bei diesen nicht bekannt ist (siehe Punkt 4.1.3.2.).

Bei 217 Kälbern sind der Zeitpunkt der ersten Kolostrumfütterung sowie die Menge des Erstkolostrums bekannt. Diese wurden vom Landwirt mittels Saugflasche oder Tränkeimer mit einer definierten Menge an Erstkolostrum versorgt.

### *3.2.2. Anzahl und Geschlecht*

Insgesamt wurden 245 Kälber geboren, wovon 242 in die Studie aufgenommen wurden. Unter den ursprünglich 245 Kälbern waren 14 Zwillingspaare, wovon bei einem Paar ein Zwilling noch vor der Blutprobenentnahme verstarb. Weitere zwei Kälber nahmen zwar noch Kolostrum auf, verstarben aber ebenso noch vor der Blutprobenentnahme.

Es wurde das Blut von 117 weiblichen und 125 männlichen Kälbern untersucht.

### **3.3.      Untersuchte Parameter**

#### *3.3.1.      Entnahme und Aufbereitung der Blutproben – Kühe*

Bei jeder Kuh wurde innerhalb des Versuchsjahres zu jeder der vier Jahreszeiten (Frühling, Sommer, Herbst und Winter) eine Blutprobe aus der Bauchvene (Vena subcutanea abdominis) entnommen. Dabei wurden bei den Kühen, die die Möglichkeit zum Weidegang hatten, jeweils die Frühlingsproben noch vor Weidegang, die Sommerproben während der Weideperiode und entsprechend die Herbstproben nach Ende der Weidesaison genommen. Im Winter hatten die Kühe aus vier Betrieben (Betriebe 18, 19, 21 und 22) in der Haltung „Laufstall mit Weidegang“ ebenso gelegentlich Auslauf auf angrenzende Weideflächen und / oder im Laufhof.

Die Blutprobenentnahmen zu jeder Jahreszeit richteten sich nicht nach der traditionellen Jahreszeiten-Einteilung, bei der jeweils drei Monate zu einer Jahreszeit gehören. In dieser Studie erfolgten die diagnostischen Blutentnahmen nach den Biorhythmen der Kühe sowie den klimatischen Bedingungen im oberbayerischen Voralpenland (im Jahr 2013-2014) und wurde wie folgt unterteilt: Der Frühling umfasste die Zeit von Anfang März bis Ende Mai, der Sommer von Anfang Juni bis Ende September, der Herbst von Anfang Oktober bis Ende November und der Winter von Anfang Dezember bis Ende Februar.

Da in die Studie nur Kalbinnen und Kühe aufgenommen wurden, von denen ein Kalb während des Versuchszeitraumes erwartet wurde, konnte bei jeder Kuh ebenso eine Blutprobe innerhalb 72 Stunden (n=152) bzw. 90 Stunden (n=9) post partum entnommen werden (Tabelle 41). Diese post partale Probe entsprach der jeweiligen jahreszeitlichen Probe, je nachdem, in welcher Jahreszeit die Geburt stattfand.

Das aus der Vena subcutanea abdominis entnommene Blut wurde in 10 ml Serum-Röhrchen (Serum 10 ml, Sarstedt AG und Co, Nümbrecht) und in 2 ml EDTA-Röhrchen (EDTA K 2ml, Sarstedt AG und Co, Nümbrecht) gefüllt. Während des Transports im Praxisfahrzeug wurden die Proben gekühlt und im Labor der Praxis aufbereitet:

Um Serum zu erhalten, wurde das Blut in den Serum-Röhrchen für 15 Minuten bei 5000 U/min zentrifugiert (Hettich EBA 3S Zentrifuge). Das gewonnene Serum wurde in vier Eppendorf-Gefäße (Eppendorf Safe-Lock Tubes, 1,5 ml, Eppendorf AG, Hamburg)



abpipetiert, wobei in drei der Gefäße 300 µl und in das vierte das restliche Serum für die Bestimmung der Leberenzyme pipetiert wurde.

Um Aussagen über den IgG-Gehalt der Blutproben treffen zu können, wurden zudem jeweils 100 µl Serum in ein Mikrotube abpipetiert. Alle Proben wurden anschließend etikettiert und bei -20°C im Gefrierschrank aufbewahrt.

Die ungeronnenen Blutproben in den EDTA-Röhrchen wurden verwendet, um mit Hilfe des Scil Vet abc Plus+ (Familie Scil animal care company, Viernheim) ein Blutbild zu erstellen. Dieses umfasste die Parameter WBC (Leukozyten), RBC (Erythrozyten), HCT (Hämatokrit), HB (Hämoglobin), MCV, MCH, MCHC und PLT (Thrombozyten). Um fragliche Blutergebnisse genauer auswerten zu können, wurde bei einigen EDTA-Blutproben ein Blutausschlag angefertigt. Die Messergebnisse zu den Blutparametern MCV, MCH und MCHC können in elektronischer Form am Institut für Tierschutz, Verhaltenskunde, Tierhygiene und Tierhaltung eingesehen werden, sind aber nicht in die statistische Auswertung miteinbezogen worden.

### *3.3.2. Entnahme und Aufbereitung der Blutproben - Kälber*

Bei 162 der insgesamt 242 beprobten Kälber wurde die Blutprobe zwischen der 24. und 72. Lebensstunde post natum genommen. Bei 71 Kälbern fand die Blutprobenentnahme vor der 24. Lebensstunde und bei 9 Kälbern nach der 72. Stunde post natum statt. Bei allen Kälbern wurde das venöse Blut aus der Vena jugularis sinistra/dextra entnommen und in Serum-Röhrchen (Serum 5 ml, Sarstedt AG und Co, Nümbrecht) und EDTA-Röhrchen (EDTA K 2 ml, Sarstedt AG und Co, Nümbrecht) gefüllt. Die weitere Vorgehensweise ist der der Kühe identisch.

### *3.3.3. Entnahme und Aufbereitung der Kolostrumproben*

Die 231 Kolostrumproben wurden von den Landwirten in 10 ml Rundröhrchen mit Schraubdeckel abgefüllt. Es sollte das Erstgemelk entnommen werden, um eine genaue Aussage über den IgG-Gehalt treffen zu können. Nach der Entnahme wurden die Proben direkt beim Landwirt bei ca. -20°C eingefroren im Gefrierschrank aufbewahrt. Die Beschriftung der Rundröhrchen mittels Etikett erfolgte, bevor diese an die Landwirte

ausgeteilt wurden. Die Kolostrumproben wurden erst wenige Stunden vor der Untersuchung und Bestimmung der kolostralen IgG-Gehalte, die mittels ELISA erfolgten, aufgetaut.

### **3.4. Untersuchung mittels ELISA**

Bei dieser Studie war eines der Ziele, die Blutproben von Kühen und Kälbern sowie die Kolostrumproben hinsichtlich ihres Gehaltes an IgG zu untersuchen. Die Methode des Sandwich-ELISA wurde von Erhard et al. (1995) beschrieben.

Dabei sollte der IgG-Wert aus den Blutproben der Kühe Hinweise auf jahreszeitliche Einflüsse sowie etwaige Einflüsse durch unterschiedliche Haltungsbedingungen auf das Immunsystem der Kühe liefern.

Aus dem IgG-Gehalt der Kolostrumproben sollte der Transfer kolostraler Immunglobuline in die Blutbahn des Kalbes nachvollzogen werden.

#### *3.4.1. Puffer und Lösungen*

**PBS:** Phosphatgepufferte Kochsalzlösung pH 7,2

1 l enthält	Natriumchlorid	8,99g
	Di-Natriumhydrogenphosphat-Dihydrat	1,45g
	Kaliumdihydrogenphosphat	0,20g
	Kaliumchlorid	0,20g
	Monodest	Ad 1 Liter

**PBS-Tween:**

1 l enthält zusätzlich Tween 20	500 µl
---------------------------------	--------

**Beschichtungspuffer:** Carbonatpuffer pH 9,6

1 l enthält	Natriumcarbonat	3,11 g
	Natriumhydrogencarbonat	6,00 g
	Monodest	Ad 1 Liter

**Waschpuffer:** PBS-Tween

<b>TMB-Puffer:</b>	Natriumacetat-Citrat-Puffer pH 5,0	
1 l enthält	Natriumacetat	8,20 g
	Citronensäure-Monohydrat	3,15 g
	Monodest	Ad 1 Liter
<b>TMB-Stammlösung:</b>	Tetramethylbenzidin-Lösung	
10 ml enthalten	Tetramethylbenzidin	0,06 g
	Dimethylsulfoxid	10,0 ml
<b>Substratlösung:</b>	Stammlösung	332 µl
	TMB-Puffer	10,0 ml
	30 % H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	3,00 µl
<b>Stoppreagenz:</b>	1-molare Schwefelsäure pH 1	
0,5 l enthalten	Monodest	ca. 400 ml
	96 % ige Schwefelsäure	27,8 ml
	Monodest	Ad ½ Liter

### 3.4.2. Bestimmung von IgG in Serum und Kolostrum

Mittels des Sandwich-ELISA-Verfahrens nach Erhard et al. (1995) wurden die IgG-Konzentrationen im Serum und Kolostrum gemessen. Die Serumproben wurden mit PBS-Tween im Verhältnis von 1 : 10.000 verdünnt, die Kolostrumproben im Verhältnis von 1 : 50. Prinzip des nachfolgenden Verfahrens ist das „Erkennen“ des bovinen IgG's aus der Probe bzw. dem Standard zunächst durch die Beschichtung, danach durch das Konjugat und schließlich ist das Signal proportional zur Probe.

#### 1. Beschichtung:

100 µl Kaninchen-anti-Rind-IgG in einer Konzentration von 5 µg Antikörper pro ml Beschichtungspuffer wurden in jede der 96 Kavitäten einer ELISA-Polystyrol-Platte (Maxisorb, Nunc, Wiesbaden) pipetiert. Dadurch wurde das Kaninchen-anti-Rind-IgG an die Platte fixiert. Im Anschluss wurde die Platte über Nacht bei +4°C inkubiert.

## 2. Waschvorgang:

Die Platte wurde zweimal mit Waschpuffer (PBS-Tween) in einem mechanischen Plattenwascher (Tecan Deutschland GmbH, Modell: Columbus, Crailsheim) gewaschen, wobei vor dem zweiten Waschgang die Platte umgedreht wurde, damit gewährleistet werden konnte, dass jede Kavität einen Waschgang korrekt durchlaufen hat. Nach dem Waschgang wurde die Platte auf Zellstoff ausgeklopft, um Flüssigkeitsreste aus den Kavitäten vollständig zu entfernen und somit eine Verdünnung des Folgereagens mit verbliebenem Waschpuffer zu vermeiden.

## 3. Blockierung:

Für die Herstellung eines 0,5 % igen Blockierungsreagens wurde Gelatine in PBS gelöst. In jede Kavität wurden 200 µl dieses Reagens pipettiert, um die freien Bindungsstellen zu blockieren. Anschließend wurde die Platte mit Parafilm umschlossen und bei 37°C für eine Stunde inkubiert.

## 4. Waschvorgang:

Siehe Punkt 2

## 5. Auftragen von Leerwert, Standard, Pool und Proben:

Zunächst wurden 50 µl PBS-Tween in die Kavitäten der Reihen B-H vorgelegt. Die 1. Spalte der ELISA-Platte gilt als Leerwert (Blank). In deren Kavitäten wurden jeweils 50 µl PBS-Tween pipettiert. Die erste Kavität der 6. Spalte gilt als Standard und wurde mit 100 µl bovines IgG (I 5506, Fa. Sigma, Deisenhofen) in einer Konzentration von 3 µg/ml gefüllt. Ebenso 100 µl wurden aus dem Kontrollpool entnommen und in die erste Kavität der 7. Spalte pipettiert (Pool). Auf die Position der Proben in der Reihe A der ELISA-Platte wurden in jede Kavität 100 µl der verdünnten Serum- bzw. Kolostrumproben aufgetragen. Es folgte die zweierlogarithmische Verdünnung:

Hierfür wurden 50 µl aus den Spalten 2-12 der Reihe A wieder entnommen und in die darunter liegenden Kavitäten der Reihe B pipettiert. Durch mehrmaliges Aufnehmen und Abgeben der Flüssigkeit, wurden die Proben mit dem vorgelegten Puffer gemischt. Es entstand eine 1 : 2 – Verdünnung. Danach wurde wiederum aus Reihe B 50 µl entnommen und in Reihe C überführt. Diese Vorgänge wurden bis Erreichen von Reihe H wiederholt. Am Ende wurden 50 µl der Flüssigkeit verworfen, damit in jeder Kavität der Platte 50 µl

vorliegen. Nach dem Verdünnen wurde die Platte mit Parafilm umschlossen und bei 37 °C für 1 Stunde inkubiert.

6. Waschvorgang:

Siehe Punkt 2

7. Hinzufügen des Konjugats:

Als Konjugat dient ein an eine Peroxidase gekoppeltes Kaninchen-anti-Rind IgG (A 5295, Fa. Sigma, Deisenhofen). Dieses wurde im Verhältnis von 1 : 333.333 in PBS-Tween verdünnt. Mittels Mehrkanaldispenser wurden von diesem Beschichtungsreagenz in jede Kavität 100 µl pipettiert. Danach erfolgte wieder eine Inkubation der mit Parafilm umschlossenen Platte bei 37°C für 1 Stunde.

8. Waschvorgang:

Siehe Punkt 2

9. Hinzufügen des Substrats:

100 µl der TMB-Substratlösung (näher beschriebene Zusammensetzung unter 3.4.2.) wurden in jede Kavität der Platte pipettiert. Im Anschluss wurde die Platte für 10 Minuten im Dunkeln bei Raumtemperatur inkubiert.

10. Stoppen der Reaktion:

Als Stopplösung wurde eine 1-molare Schwefelsäure verwendet. Von dieser wurde nach genau 10 Minuten in jede Kavität 50 µl zugegeben, wodurch die Reaktionsvorgänge beendet wurden.

11. Auswertung:

Durch die Zugabe der Stopplösung zeigten die Flüssigkeiten in den Kavitäten eine Gelbfärbung. Deren Intensität wurde im ELISA-Reader (Genios, Tecan Deutschland GmbH, Crailsheim) bei einer Wellenlänge von 450 nm photometrisch gemessen. Anhand einer mittels eines Computerprogrammes erstellten Standardkurve wurden die gemessenen Werte auf die ursprüngliche Konzentration zurückgerechnet. Die

Endkonzentration einer Probe wurde aus dem Mittelwert aller im Messbereich liegenden Einzelwerte einer Spalte berechnet.

Es wurde eine Pooltabelle für messtechnisch bedingte Abweichungen der Werte einer Platte bzw. mehrerer Platten erstellt.

### **3.5. Untersuchung mittels OLYMPUS AU 400**

Die Leberenzyme GLDH (Glutamatdehydrogenase), LDH (Laktatdehydrogenase) sowie  $\gamma$ -GT (Gamma-Glutamyltransferase) wurden in einem Analysegerät bestimmt, das mit Nasschemie ausgestattet ist (Olympus AU 400, Firma Beckman, Coulter; ehem. Siemens).

Im Falle der GLDH wird  $\alpha$ -Ketoglutarat zu Glutamat unter der Katalyse der GLDH abgebaut. Dabei wird NADH zu NAD<sup>+</sup> oxidiert und photometrisch bestimmt (Neumann, 2014).

Die LDH katalysiert unter anaeroben Bedingungen die Umwandlung von Pyruvat zu L-Laktat in der Skelettmuskulatur und sorgt für die Regeneration der NAD<sup>+</sup> in der arbeitenden Muskulatur zur Aufrechterhaltung der Glykolyse. Das dadurch entstandene Laktat wird zur Leber transportiert, wo ebenfalls durch die LDH wieder eine Rückumwandlung zu Pyruvat erfolgt. Mit Hilfe der Photometrie werden zeitliche Extinktionsänderungen gemessen, die durch [NADH+H<sup>+</sup>] Konzentrationsänderungen verursacht sind und ihrerseits wiederum stöchiometrisch mit Stoffumsätzen enzymatisch katalysierter Reaktionen einhergehen (Uni-Kiel, Wintersemester 2012/2013).

Der Wert der  $\gamma$ -GT ergibt sich durch Bildung von Glyzylglyzin aus Glutamyl-3-carboxy-4-nitroanilid unter der Katalyse des Enzyms. Dabei wird 5-Amino-2-nitrobenzoat frei und photometrisch gemessen (Neumann, 2014).

### **3.6. Untersuchung mittels Scil Vet abc Plus+**

Sowohl bei den EDTA-Blutproben der Kühe als auch bei den Proben der Kälber wurde ein kleines Blutbild erstellt. Als Hämatologiegerät diente der Scil Vet abc Plus+ (Fa. Scil animal care company, Viernheim). Dieses Gerät verwendet die sogenannte Impedanz- oder Widerstandsmethode bzw. Coulter-Prinzip, auch als konduktometrisches Prinzip bekannt, deren Basis die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit ist. Das Gerät benötigt ein Probenvolumen von nur 10  $\mu$ l EDTA Vollblut, verdünnt es und saugt es durch eine kleine

Messöffnung. Beiderseits der Öffnung befindet sich je eine Elektrode, die bei jedem Durchtritt einer Blutzelle einen veränderten Widerstand bzw. Impedanz und damit eine kurzfristige Änderung der Stromstärke vernimmt. Die Stärke des Signals ist proportional dem Partikelvolumen (Moritz et al., 2014). Ein Ergebnis wird innerhalb von 60 Sekunden generiert. Das Hämoglobin wird im Scil Vet abc Plus+ mit Hilfe der Spektralphotometrie bestimmt. Außerdem wurde zusätzlich bei jeder Blutprobe ein Histogramm für die Thrombozyten (PLT) erstellt. Insgesamt konnten folgende Blutparameter bestimmt werden: RBC (Erythrozyten), HB (Hämoglobin), HCT (Hämatokrit), WBC (Leukozyten), PLT (Thrombozyten), MCH (mittlerer Hämoglobingehalt des einzelnen Erythrozyten), MCHC (mittlere Hämoglobinkonzentration der Erythrozyten), MCV (mittleres Erythrozytenvolumen) - letztere drei Parameter wurden allerdings nicht in die statistische Auswertung miteinbezogen.

### 3.7. Beurteilung des Verschmutzungsgrades der Kuh

Nach jeder Blutprobenentnahme wurde u. a. der Grad der Verschmutzung aufgenommen. Ein Score von 0-3 beschreibt verschiedene Schweregrade der Verschmutzung (Tabelle 3):

**Tabelle 3:** Einteilung des Verschmutzungsgrades der Kuh nach Scores (0-3)

0	1	2	3
keine ersichtliche Verschmutzung	geringgradige Verschmutzung	mittelgradige Verschmutzung	hochgradige Verschmutzung
Keine verschmutzten Körperteile ersichtlich	Höchstens ein Körperteil verschmutzt	Mindestens zwei bis drei Körperteile verschmutzt	der größte Teil der Körperfläche ist verschmutzt

Mit einem Score von 0 wurden die Kühe bewertet, an denen keine ersichtliche Verschmutzung festgestellt werden konnte. In einigen Betrieben wurden die Kühe regelmäßig mit Striegeln geputzt, geschoren und auf Liegeflächen mit sauberer und trockener Einstreu gehalten.

Score 1 beschreibt eine geringgradige Verschmutzung der Kühe, bei denen sich die verschmutzte Körperfläche in vielen Fällen auf die Anogenitalregion beschränkt. Unterhalb des Schwanzansatzes und rund um den Bereich des Afters und der Vulva kommt es bei den

meisten Kühen durch Kot- und Harnabsatz und durch das Liegen der Tiere auf verschmutzten Flächen zu unvermeidbaren Verschmutzungen und einem in diesem Bereich verklebten oder verschmierten Haarkleid. Das Tier zeigt jedoch keine entzündeten Hautstellen unter den Verschmutzungen, die sich relativ einfach beseitigen lassen. Aber auch eine einzelne verschmutzte Fläche an anderen Körperregionen (z. B. Euter), wird in den Score 1 eingeordnet.

Bei mittelgradig verschmutzten Kühen (Score 2) sind bis zu drei Körperteile verschmutzt. Eine Verschmutzung im Anogenitalbereich sowie zusätzlich verschmutzte Hinterextremitäten können beispielsweise auf verunreinigte Liegeflächen oder auf Spritz- bzw. Schmierkontamination anderer Tiere zurückgeführt werden. Das Haarkleid der Tiere mit einer mittelgradigen Verschmutzung ist an mehreren Körperstellen (jedoch nicht mehr als drei) durch Kot und Urin sowie allgemeiner nicht ausreichender Stallhygiene zu größeren, teils zusammenhängenden Flächen verklebt. Die Reinigung dieser Verschmutzungen gestaltet sich als schwierig.

Ist die Hauptfläche des Tierkörpers verschmutzt, so erfolgte die Einteilung des Schweregrades der Verschmutzung in den Score 3. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn nicht nur die Fläche der Defäkation verschmutzt ist, sondern nahezu die gesamte Liegefläche bei ungünstiger Größe oder ungenügender Reinigung des Liegeplatzes (insbesondere in der Anbindehaltung). Das unversehrte Haarkleid der Tiere mit einem Verschmutzungsgrad 3 ist als solches nur noch an einzelnen Körperstellen zu erkennen. Die größte Fläche des Tierkörpers ist stark verschmutzt. Die verschmutzten Körperstellen weisen großflächig zusammenhängende, teilweise fest getrocknete „Schmutzplatten“ auf, deren Entfernung sehr schmerzhaft sein kann. Teilweise ist die darunter liegende Haut gerötet und entzündet. Bei diesen Tieren werden unter anderem Ektoparasiten auf der Haut festgestellt.

### **3.8. Statistische Verfahren**

Die statistische Auswertung der Labordaten erfolgte gemeinsam mit dem fachlichen Wissen und kompetenten Einsatz von *Herrn PD Dr. med. vet. Sven Reese, Fachtierarzt für Anatomie, Fachtierarzt für Informationstechnologie, an der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität in München*. Die Berechnungen wurden mit Hilfe des Computerprogrammes IBM SPSS (SPSS Inc. Chicago, Illinois) durchgeführt.



### *Deskriptive Statistik*

Als Kennzahlen der zentralen Tendenz wurden von den Untersuchungsergebnissen der Laborauswertungen der arithmetische Mittelwert und Median bestimmt. Eine Schätzgenauigkeit der Werte erfolgte mit Hilfe des errechneten Standardfehlers (SE) des Mittelwertes.

Als Kennzahlen der Streuung wurden die einzelnen Laborergebnisse auf Referenzbereiche verteilt (95% Perzentilsbereich). Von den in dieser Untersuchung ermittelten Labordaten wurde aufgrund der großen Stichprobenzahl sowie unbekannter Referenzintervalle aus der Literatur für einige Parameter neugeborener Kälber versucht, eigene Referenzbereiche der Laborparameter über das EDV-Programm MedCalc® zu errechnen.

### *Schließende Statistik*

Die statistisch ausgewerteten Ergebnisse der Mittelwertsberechnungen werden anhand zweier unterschiedlicher Betrachtungsweisen miteinander verglichen:

Zum einen wird jeder einzelne Faktor isoliert betrachtet und dessen Einfluss auf die abhängige Variable bestimmt (= **Unifaktorielle** Betrachtungsweise).

Um zu prüfen, ob ein signifikanter Zusammenhang zwischen einer metrisch skalierten abhängigen Variablen und einem Einflussfaktor (maximal mit zwei Ausprägungen) besteht, wurde bei normalverteilten Daten der T-Test bzw. bei nicht normalverteilten Daten der Mann-Whitney-U-Test verwendet. Sollte ein Zusammenhang zwischen der metrischen abhängigen Variablen und mehreren Einflussfaktoren hergestellt werden (mindestens drei Ausprägungen), so wurde eine One-Way-ANOVA sowie Post hoc Tests bei normalverteilten Daten bzw. der Kruskal-Wallis-Test bei nicht normalverteilten Daten angewandt.

Eine Zusammenhangsanalyse zwischen Datengruppen erfolgte anhand der Berechnung von Korrelationskoeffizienten ( $r$ ) nach Pearson (normalverteilte Daten) bzw. Spearman und Kendall (nicht normalverteilt).

Folgende Blutwerte wurden einem Test auf Normalverteilung unterzogen und aufgrund fehlender Normalverteilung logarithmiert:

Erythrozyten und Hämatokrit Kuh (Jahreszeit); GLDH Kuh (post partal).

**T-Test** bei unabhängigen Stichproben: Blutparameter im post partalen versus nicht post partalen Zeitraum;

**Mann-Whitney-U-Test:** Einfluss der Jahreszeit sowie der post partale Zeitraum bzw. nicht post partale Zeitraum, Betriebsphilosophie, Haltung der Kühe, Verschmutzungsgrad auf sämtliche Blutparameter, Zusammenhang zwischen Lebensalter und Haltungssystem der Kühe;

*IgG-Serum (Kalb)* - Haltung Kühe und Geschlecht

*IgG-Gesamtaufnahme (Kalb)* - Jahreszeit, Zwillings, Haltung der Kühe

*Erythrozyten (Kalb)* - Zwillings

*Leukozyten (Kalb)* - Kalb säuft bei Kuh

*Thrombozyten (Kalb)* - Jahreszeit, Zwillings

*LDH (Kalb)* - Zwillings, Zeitpunkt der Kolostrumfütterung

*GLDH (Kalb)* - Geschlecht

*$\gamma$ -GT (Kalb)* - Jahreszeit

*IgG-Kolstrum (Kuh)* - Haltung der Kühe, Jahreszeit

*IgG-Serum (Kuh)* - Jahreszeit

*Hämoglobin, Thrombozyten, LDH (Kuh)* - Jahreszeit

*Erythrozyten, Hämoglobin, Hämatokrit, Leukozyten, LDH (Kuh)* - post partal

*Körpertemperatur (Kuh)* - post partal

**Einweg Anova:** Einfluss der Jahreszeit auf den Zeitpunkt der Kolostrumfütterung und

*Hämoglobin (Kalb)* - Jahreszeit

*Erythrozyten, Hämatokrit,  $\gamma$ -GT (Kuh)* - Jahreszeit

*GLDH,  $\gamma$ -GT (Kuh)* - post partal

*Körpertemperatur* - Verschmutzungsgrad\*Betrieb

*Zeitpunkt Kolostrumfütterung* - Jahreszeit

**Post hoc Tests** (Mehrfachvergleiche: Tukey-HSD; Bonferroni): Einfluss der Jahreszeit auf alle gemessenen Blutparameter;

**Kruskal-Wallis-Test:** *IgG-Serum (Kalb)* - Haltung Kühe und Geschlecht

*IgG-Gesamtaufnahme (Kalb)* - Jahreszeit, Zwillings, Haltung der Kühe

*Erythrozyten (Kalb)* - Zwillings

*Leukozyten (Kalb)* - Kalb säuft bei Kuh

*Thrombozyten (Kalb)* - Jahreszeit, Zwillings

*LDH (Kalb)* - Zwillings, Zeitpunkt der Kolostrumfütterung

*GLDH (Kalb)* - Geschlecht

*γ-GT (Kalb)* - Jahreszeit

*IgG-Kolostrum (Kuh)* - Haltung der Kühe, Jahreszeit

*IgG-Serum (Kuh)* - Jahreszeit

*Hämoglobin, Thrombozyten, LDH (Kuh)* - Jahreszeit

*Erythrozyten, Hämoglobin, Hämatokrit, Leukozyten, LDH (Kuh)* - post partal

*Körpertemperatur (Kuh)* - post partal

**Korrelationen** (Kendall-Tau-b; Spearman-Rho; Pearson): Korrelationen zwischen Kolostrummenge, Zeitpunkt der Kolostrumfütterung, Alter und Laktationsanzahl, Verschmutzungsgrad, Haltung der Kühe auf sämtliche Blutparameter sowie auf das kolostrale IgG; Korrelation zwischen IgG-Serum und  $\gamma$ -GT sowie IgG-Serum,  $\gamma$ -GT und IgG-Gesamtaufnahme (Kalb); Verschmutzungsgrad/Lebensalter und Haltung der Kühe; IgG-Serum und IgG-Kolostrum (Kuh); IgG-Serum (Kalb) und IgG-Kolostrum; Alter und Laktationsanzahl (Kuh).

Zum anderen werden die einzelnen Faktoren in Kombination über das allgemeine lineare Modell betrachtet, wodurch der prozentuale Anteil mehrerer einzelner Faktoren auf die Variabilität einer abhängigen Variablen berechnet werden kann (= **Multifaktorielle Betrachtungsweise**).

Dadurch können mehrere Einflussvariablen mitberücksichtigt werden. Am Beispiel der Variable „Betrieb“ als Zufallseffekt wird verdeutlicht, dass eventuell nicht messbare Einflussfaktoren, wie zum Beispiel der Umgang des Betreuungspersonals mit den Tieren, die betriebsspezifische Fütterung und Hygiene und andere Merkmale, die auf jeden einzelnen Betrieb zurückzuführen sind, eine nicht unwesentliche Rolle in der Interpretation der Ergebnisse aus der statistischen Berechnung spielen. In der vorliegenden Studie wurden nur die Parameter in die multifaktorielle Betrachtung miteinbezogen, die nach unifaktorieller Analyse Hinweise auf statistisch signifikante Effekte erkennen ließen. Metrische Einflussfaktoren wurden als Kovariablen miteinbezogen und potentielle Interaktionen (z. B. Verschmutzungsgrad\*Betrieb, d. h. Verschmutzungsgrad in Kombination mit dem einzelnen Betrieb) wurden mitberücksichtigt.

Daneben wird bei allen Blutparametern auf die prozentuale Verteilung der Einzelwerte innerhalb oder außerhalb der **Referenzbereiche** eingegangen. Einheitlich für alle

labordiagnostischen Blutparameter werden die von Fürll (2014) empfohlenen Bereiche für Stoffwechselparameter im Blutserum von adulten Rindern bzw. Kälber/Jungrinder auf die in dieser Untersuchung ermittelten Blutwerte angewendet. Für die Auswertung der Immunglobulin-G-Werte und Leberenzyme werden Kontroll- und Toleranzgrenzen verwendet, die sich laut Fürll (2014) als modifizierte Verfahren in der Stoffwechselüberwachung beim Rind praktisch bewährten. Von einem gesundheitsgefährdenden oder leistungsmindernden Zustand zum Zeitpunkt der Blutentnahme wird dann gesprochen, wenn der Mittel- oder Medianwert des untersuchten Blutparameters einer Gruppe außerhalb der Kontrollgrenzen ( $MW \pm 0,5 SE$ ) liegt oder wenn mehr als 20% der Einzelwerte außerhalb der Toleranzgrenzen ( $MW \pm 1,0 SE$ ) liegen. Der Autor verweist jedoch bei der Bewertung der Befunde auf alters-, geschlechts- und laktationsabhängige Schwankungen.

Zur  $\gamma$ -GT beim neugeborenen Kalb konnte ein einseitiger Referenzbereich nach Klee (1985) übernommen werden. Danach wird von einer unzureichenden Kolostrumaufnahme oder einer Resorptionsstörung des Kalbes (am zweiten Lebenstag) bei einer Konzentration des Enzyms von unter 100,0 U/l ausgegangen.

Die Referenzbereiche für die Parameter des roten und weißen Blutbildes sowie die der Thrombozyten werden einheitlich von Moritz et al. (2014) entnommen. Eine Unterscheidung zwischen Kalb und adultem Rind ist nur im Hinblick der Referenzbereiche für die Leukozyten gegeben. Die Referenzbereiche aller anderen hämatologischen Blutparameter beim Kalb, insbesondere beim neugeborenen Kalb, sind vermutlich weitgehend unbekannt.

Der Referenzbereich für kolostrales Immunglobulin-G wurde von Tizard (2013) übernommen. Potentiell signifikante Unterschiede zwischen kategorial skalierten abhängigen Variablen und kategorialen Einflussfaktoren wurden in Kontingenztafeln untersucht. Die Signifikanzprüfung hinsichtlich der Ergebnisverteilung nach Referenzbereichen erfolgte mit Hilfe des exakten Tests nach Fisher bzw. Chi<sup>2</sup>-Test. Als Maß für die Effektstärke wurde hier Cramer-V verwendet.

Aus einer aktuellen Studie von Haser und Fürll (2015) geht ein Referenzbereich für die Glutamatdehydrogenase (GLDH), errechnet aus einem Probandenkollektiv von 33 weiblichen Kälbern (Holstein Friesian), die u. a. am 1. Lebenstag post natum beprobt wurden, hervor. Dieser liegt zwischen 7,5-16,3 U/l. Weiterhin konnten die Autoren einen Referenzbereich für Hämatokrit ermitteln (0,33-0,42 l/l, n=33, 1 Tag post natum). Diese Referenzbereiche für das Kalb (1. Lebenstag post natum) können vergleichend mit den eigens ermittelten

Referenzintervallen in Tabelle 43 eingesehen werden, wurden jedoch aufgrund der erst kürzlich veröffentlichten Daten nicht in die statistische Auswertung miteinbezogen.

Anhand von den in der vorliegenden Studie ermittelten Laborergebnissen wurde aufgrund der großen Stichprobenzahl der Tiere und teils nicht verfügbarer Referenzbereiche einiger Blutparameter beim neugeborenen Kalb versucht, über das Computerprogramm MedCalc® (MedCalc Software, Mariakerke, Belgien) eigene Referenzbereiche für Laborparameter von den in dieser Studie beprobten Kühen und neugeborenen Kälbern (Deutsches Fleckvieh) zu berechnen.

Diese Referenzbereiche wurden von einer definierten Probandengruppe abgeleitet (Tabelle 2), für die diese Referenzbereiche unter definierten Bedingungen gelten. Es handelt sich in dieser Untersuchung um 242 klinisch unauffällige, neugeborene Kälber der Rasse Deutsches Fleckvieh, die aus 23 verschiedenen, oberbayerischen Betrieben, aufgeteilt auf vier unterschiedliche Haltungssysteme, stammten. Die Kälber wurden innerhalb eines Versuchsjahres in den vier Jahreszeiten geboren und in einem Alter von bis zu 72 Stunden (n=233) bzw. 90 Stunden (n=9) post natum im Rahmen der Bestandsbetreuung beprobt. Es handelt sich um 117 weibliche und 125 männliche Kälber. Nur der Referenzbereich für das Immunglobulin-G, der für die innerhalb dieses Studienzeitraumes (neu)geborenen Kälber gilt, wurde aus einer Probandengruppe von 171 Kälbern berechnet, da hierfür nur die Kälber miteinbezogen wurden, von denen ab der 24. Lebensstunde Blut genommen wurde.

Die Referenzbereiche der Laborparameter der Kühe beruhen auf den Auswertungen von insgesamt 237 klinisch unauffälligen Kühen der Rasse Deutsches Fleckvieh aus 23 oberbayerischen Betrieben, die auf vier Haltungssysteme verteilt wurden. Die Kühe wurden nach dem Zufallsprinzip ausgewählt und haben folglich unterschiedliche Lebensalter, Laktationsanzahl und befanden sich in unterschiedlichen Reproduktionsphasen. Die ausgewählten Kühe wurden zu diagnostischen Zwecken im Rahmen der Bestandsbetreuung zu jeder der vier Jahreszeiten beprobt sowie innerhalb 72 Stunden (n=152) bzw. 90 Stunden (n=9) nach der Kalbung. Für die Berechnung der Referenzbereiche wurden allerdings ausschließlich die Blutergebnisse aus den Blutentnahmen zu den verschiedenen Jahreszeiten herangezogen und nicht die nach der Kalbung gewonnene Blutprobe. Aus 231 Kolostrumproben wurde der Referenzbereich für das kolostrale Immunglobulin-G erstellt.

Die eigens errechneten Referenzbereiche wurden aufgrund fehlender Normalverteilung nach der nicht parametrischen Methode (sogenannte Perzentil-Methode) ermittelt, wobei das 95%-Perzentil-Intervall als Referenzbereich definiert ist. Für die Bestimmung von nur einer

Obergrenze, wie es bei den Enzym-Werten erfolgte, ergibt sich ein 97,5%-Perzentil-Intervall. Bei der Ermittlung der Referenzbereiche werden sogenannte robuste Methoden verwendet. Durch Iteration (Näherungsverfahren) werden Medianwert und die Streuung der Werte berechnet. Durch Logarithmierung können nicht normalverteilte Daten in normalverteilte Daten umgewandelt werden. Diese logarithmierten Messdaten werden dann über die Formel: Mittelwert  $\pm$  2-fache Standardabweichung, zur Berechnung der Referenzintervalle herangezogen (Schwendenwein, 2014).

**Die eigens ermittelten Referenzbereiche erheben nicht den Anspruch, für alle Kühe und Kälber zu gelten! Sie wurden in der vorliegenden Studie versuchsweise anhand eigens ausgewerteter Laborproben von den in dieser Studie miteinbezogenen Kühen und neugeborenen Kälbern der Rasse Deutsches Fleckvieh aus dem südlichen oberbayerischen Raum ermittelt.**

Zum Vergleich wurden die in dieser Studie errechneten Referenzbereiche mit den Referenzbereichen bzw. Toleranzgrenzen, die aus der Literatur übernommen und allgemein anerkannt für das Rind definiert wurden, in den Tabellen 43 und 44 dargestellt (Tabellarischer Anhang).

Signifikante Unterschiede werden festgestellt, wenn eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% unterschritten wird ( $p < 0,05$ ).

Als Zusammenhangsmaß wurde der Korrelationskoeffizient  $r$  bestimmt. Bei der Interpretation von Zusammenhängen in Kontingenztafeln wurde das Bestimmtheitsmaß  $r^2$  berücksichtigt. Während Cohen  $d$  den Effekt auf Mittelwerte wiedergibt, wird bei kategorialen Werten als Maß für die Effektstärke Cramer-V verwendet (Nakagawa und Cuthill, 2007).

## 4. ERGEBNISSE

---

In der vorliegenden Studie wurden von insgesamt 237 Kühen und 242 Kälbern diagnostische Blutentnahmen im Rahmen der tierärztlichen Bestandsbetreuung durchgeführt. Im nachfolgenden Ergebnisteil werden die ermittelten Blutwerte von Kuh und Kalb sowie die Immunglobulin-G-Gehalte aus den 231 Kolostrumproben aufgeführt.

Die Verteilung der Tiere hinsichtlich ihrer Blutwerte nach den in der Literatur angegebenen Referenzbereichen ist in Tabelle 38 (Tabellarischer Anhang) zusammengefasst. Die mittleren Konzentrationen aller Blutparameter sowie der Kolostrumproben können der Tabelle 39 entnommen werden.

Alle einzeln ausgewerteten Laborergebnisse sowie die gesamten Angaben zu jedem Kalb und jeder Kuh können in elektronischer Form am Institut für Tierschutz, Verhaltenskunde, Tierhaltung und Tierhygiene eingesehen werden.

### 4.1. Kalb

#### 4.1.1. *Kolostrumaufnahme der Kälber*

In allen 23 Betrieben erhielten insgesamt 128 Kälber (52,9%) noch vor der zweiten Lebensstunde ihre erste Kolostrummahlzeit. 54 Kälber (22,3%) wurden innerhalb der zweiten bis vierten Lebensstunde und 35 Kälber (14,5%) ab der vierten Stunde post natum erstmalig mit Kolostrum aus einer Saugflasche oder einem Saugeimer getränkt.

Weitere 25 Kälber (10,3%), die von Kühen aus den Haltungssystemen Anbindehaltung mit Weidegang und Laufstall mit und ohne Weidegang stammen, nahmen die erste Kolostrummahlzeit direkt vom Euter der Kuh auf, weshalb der Zeitpunkt der ersten Kolostrumaufnahme sowie die tatsächlich aufgenommene Kolostrummenge nicht bestimmt werden konnten. Diese Kälber wurden auf der Weide oder im Stall geboren und tranken direkt vom Muttertier oder konnten im Laufstall bei der Mutter (Betrieb 15, 22) während der ersten Lebenstage verbleiben und beliebig oft Kolostrum aufnehmen.

In den vier verschiedenen Haltungssystemen nahmen die Kälber durchschnittlich 1,6 l – 1,9 l Kolostralmilch auf (Anbindehaltung ohne Weidegang: 1,7 l; Laufstall ohne Weidegang: 1,7 l; Anbindehaltung mit Weidegang: 1,9 l; Laufstall mit Weidegang: 1,6 l).

Zur besseren Übersicht sind die Ergebnisse in Tabelle 4 zusammengefasst:

**Tabelle 4:** Prozentuale Verteilung der Kälber nach Zeitpunkt (t) der ersten Kolostrumaufnahme und Haltungssystemen

Haltungssystem	n %	t < 2 h	2 h ≤ t < 4 h	t ≥ 4 h	t=unbekannt
1) Anbinde- haltung ohne Weidegang	n=60 %=100	34 56,7	7 11,7	19 31,7	
2) Laufstall ohne Weidegang	n=53 %=100	31 58,5	13 24,5	7 13,2	2 3,8
3) Anbinde- haltung mit Weidegang	n=65 %=100	32 49,2	16 24,6	6 9,2	11 16,9
4) Laufstall mit Weidegang	n=64 %=100	31 48,8	18 28,1	3 4,7	12 18,8

#### 4.1.2. Zeitpunkt der Kolostrumfütterung in Abhängigkeit der Jahreszeit

Aus der Tabelle 5 und Abbildung 1 ist zu entnehmen, dass bei unifaktorieller Betrachtungsweise die Kälber im Herbst und im Winter signifikant früher ihre erste Kolostrummahlzeit bekommen haben als in den anderen Jahreszeiten.

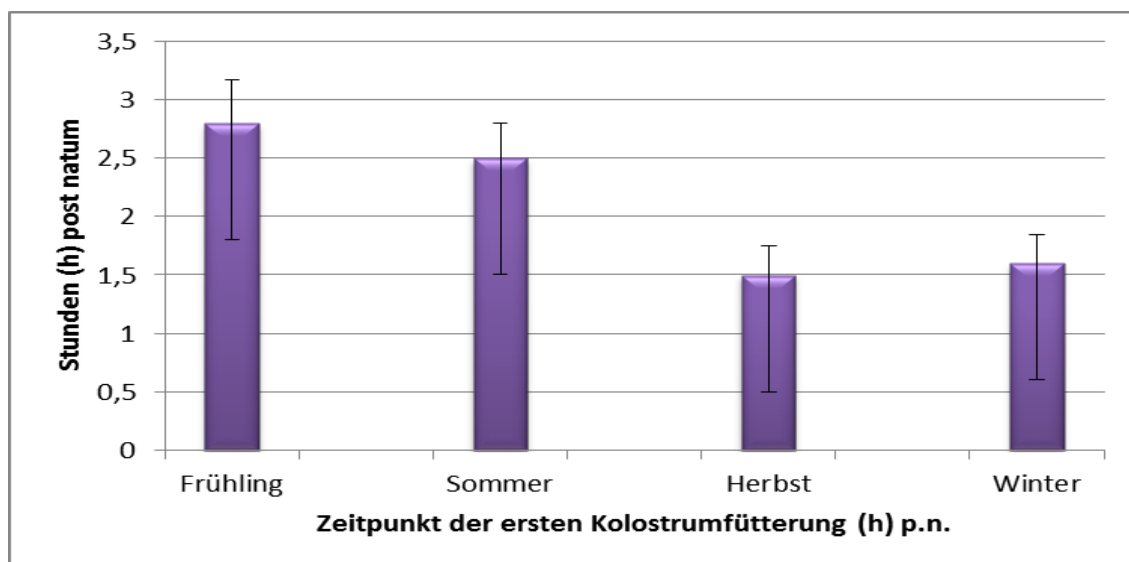
Bei multifaktorieller Betrachtungsweise spielt der Einfluss der Jahreszeit mit nur 4,1 % eine geringfügige Rolle und ist auch nicht signifikant ( $p=0,155$ ). Mit 13,6 % ( $r^2 \times 100 = \%$ ) hat der einzelne Betrieb aber den größten Einfluss auf den Zeitpunkt der ersten Kolostrumfütterung. Dieser Zusammenhang ist jedoch ebenso nicht signifikant ( $p=0,306$ ).



**Tabelle 5:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich des Zeitpunktes der Kolostrumfütterung

Abhängige Variable	Betrachtungsweise		Jahreszeit	Betrieb
<b>Zeitpunkt Kolostrum- fütterung</b>	Unifaktoriell	p d	0,035 0,400 - 0,500 Herbst↓	
	Multifaktoriell	p r <sup>2</sup>	0,155 0,041	0,306 0,136

Abbildung 1 veranschaulicht jahreszeitliche Unterschiede bei der ersten Kolostrumfütterung.

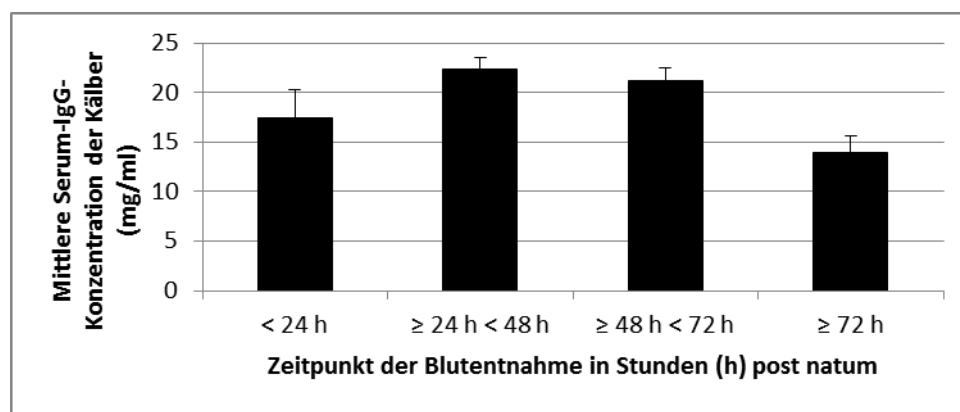


**Abbildung 1:** Verteilung des durchschnittlichen Zeitpunktes in Stunden (h) post natum ( $\pm SE$ ) der ersten Kolostrumgabe nach Jahreszeiten; Einweg-ANOVA ( $p=0,035$ )

#### 4.1.3. Immunglobulin-G (Kalb)

##### 4.1.3.1. IgG-Konzentration im Serum der Kälber

Abbildung 2 stellt die mittleren IgG-Konzentrationen im Serum der Kälber zu unterschiedlichen Zeitpunkten der Blutentnahme dar.



**Abbildung 2:** Vergleich der mittleren IgG-Konzentrationen (mg/ml) ( $\pm$ SE) im Serum der Kälber, die vor der 24. Lebensstunde ( $n=71$ ), zwischen der 24. und 48. Lebensstunde ( $n=89$ ), zwischen der 48. und 72. Lebensstunde ( $n=73$ ) sowie nach der 72. Lebensstunde bis einschließlich 90 Stunden post natum ( $n=9$ ) beprobt wurden

Die IgG-Konzentrationen sind im Mittel bei einer Beprobung der Kälber zwischen der 24. und 72. Stunde post natum am höchsten (Abbildung 2). Dieser Zusammenhang ist allerdings nicht signifikant.

In den nachfolgenden Auswertungen der Ergebnisse aus der IgG-Bestimmung im Serum der insgesamt 242 Kälber werden 71 Kälber, von denen vor der 24. Lebensstunde Blut genommen wurde, nicht berücksichtigt.

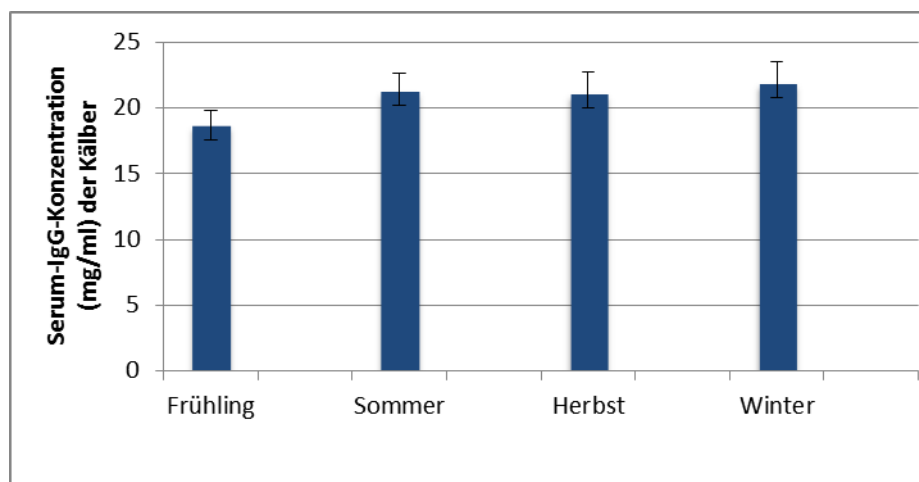
In Tabelle 6 sind Einflussfaktoren auf den IgG-Gehalt der Kälber im Serum nach unifaktorieller sowie multifaktorieller Betrachtung zusammengefasst.

**Tabelle 6:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich des IgG-Gehaltes im Serum der Kälber (LoW=Laufstall ohne Weidegang)

Abhängige Variable	Betrachtungsweise		Haltung Kühe	Geschlecht	Betrieb
<b>IgG-Serum Kalb</b>	Unifaktoriell	p d	0,030-0,038 0,500 LoW↓	0,034 0,300	
	Multifaktoriell	p r <sup>2</sup>			0,002 0,195

Betrachtet man die IgG-Konzentration im Serum der Kälber im unifaktoriellen Vergleich (Tabelle 6), so ist diese signifikant von der Haltungsform der Muttertiere abhängig. Die Kolostrummenge und der Zeitpunkt der Kolostrumfütterung haben keinen signifikanten Einfluss auf den IgG-Gehalt der Kälber und sind deshalb auch nicht in Tabelle 6 aufgeführt. Bezüglich des Geschlechtes weisen männliche Kälber eine signifikant geringere Serum-IgG-Konzentration auf als weibliche Kälber (Abbildung 8).

Die Jahreszeit hat keinen signifikanten Einfluss auf die IgG-Konzentration im Serum der Kälber und ist deshalb in Tabelle 6 nicht aufgeführt. Abbildung 3 verdeutlicht dieses Ergebnis.

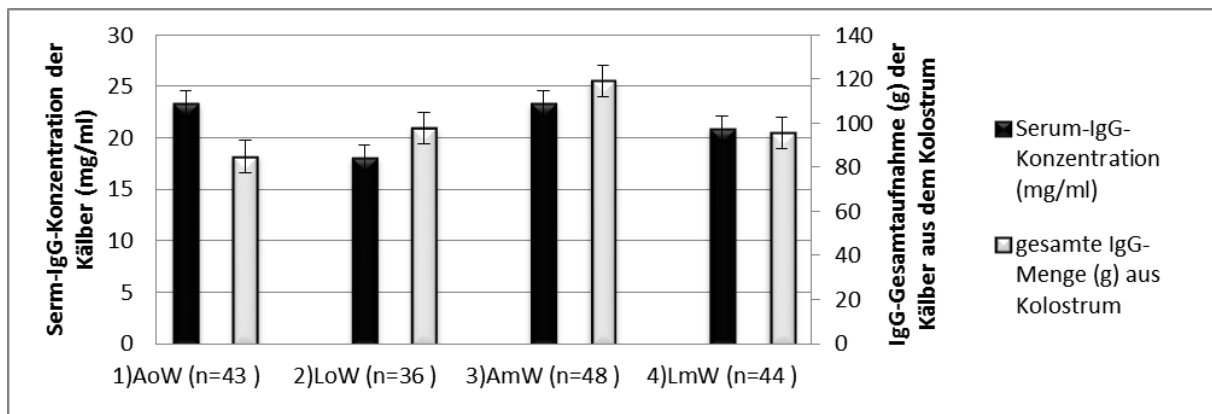


**Abbildung 3:** Vergleich der durchschnittlichen IgG-Konzentration (mg/ml) ( $\pm$ SE) der Kälber ( $n=171$ ) nach Jahreszeit

Multifaktoriell betrachtet, wird die Serum-Immunglobulin-G-Konzentration der Kälber entscheidend vom einzelnen Betrieb beeinflusst (19,5%). Alle anderen Einflussvariablen spielen bei kombinierter Betrachtungsweise keine Rolle.

Die mittlere IgG-Konzentration im Serum der Kälber, die ab der 24. Lebensstunde beprobt worden sind (n=171 Kälber), beträgt bei den Tieren aus der Anbindehaltung ohne Weidegang 23,3 mg/ml, aus dem Laufstall ohne Weidegang 18,0 mg/ml, aus der Anbindehaltung mit Weidegang 23,3 mg/ml und aus dem Laufstall mit Weidegang 20,9 mg/ml.

Die exakten Angaben sind in Abbildung 4 dargestellt.



**Abbildung 4:** Darstellung der mittleren Serum-IgG-Konzentration (mg/ml) ( $\pm SE$ , n=171) sowie der mittleren gesamt aufgenommenen IgG-Menge (g) ( $\pm SE$ , n=217) der Kälber aus dem Kolostrum, verteilt auf die Haltungssysteme der Muttertiere:

1)AoW=Anbindehaltung ohne Weidegang, 2)LoW=Laufstall ohne Weidegang

3)AmW=Anbindehaltung mit Weidegang, 4)LmW=Laufstall mit Weidegang

In Tabelle 7 werden die mittels des Mann-Whitney-U-Test ( $p < 0,05$ ) ermittelten Signifikanzen zwischen den Haltungssystemen dargestellt:

**Tabelle 7:** Darstellung der Signifikanzen (Mann-Whitney-U-Test,  $p < 0,05$ ) zwischen den Haltungssystemen hinsichtlich der mittleren IgG-Konzentration im Serum der Kälber

1)AoW=Anbindehaltung ohne Weidegang, 2)LoW=Laufstall ohne Weidegang,

3)AmW=Anbindehaltung mit Weidegang, 4)LmW=Laufstall mit Weidegang

	1)AoW	2)LoW	3)AmW	4)LmW
1)AoW	*	0,030	0,943	0,273
2)LoW		*	0,038	0,411
3)AmW			*	0,265
4)LmW				*

Aus der Tabelle 6 geht hervor, dass die IgG-Konzentrationen der Kälber, deren Muttertiere aus dem Haltungssystem Laufstall ohne Weidegang stammen, signifikant niedriger sind als bei den Kälbern aus der Anbindehaltung ohne Weidegang sowie Anbindehaltung mit Weidegang. Nur im Vergleich zu den Kälbern aus der Haltung Laufstall mit Weidegang ist dieser Unterschied im IgG-Gehalt im Serum nicht signifikant.

Bei der Betrachtung der IgG-Konzentrationen im Serum der Kälber ist es von großer Bedeutung, in welchem Konzentrationsbereich sich das einzelne Kalb hinsichtlich seines IgG-Wertes und damit folglich hinsichtlich seiner Versorgung an kolostralem IgG befindet.

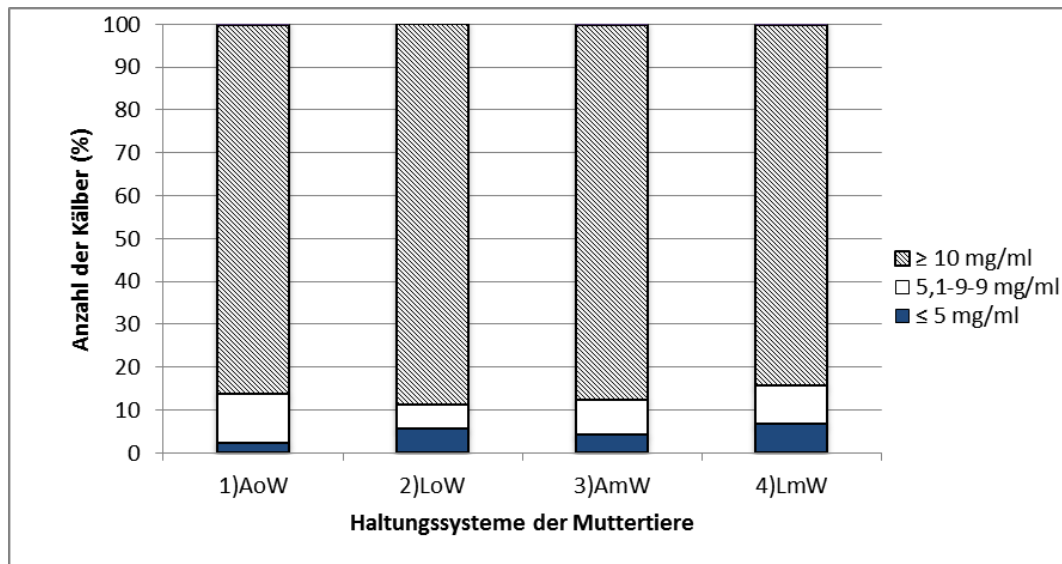
Als Failure of passive Transfer (FPT) bezeichnet man eine Unterversorgung des Kalbes an kolostralem IgG. Diese Unterversorgung beginnt mit einem gemessenen IgG-Gehalt von  $< 10,0$  mg/ml (Serum). Dabei spricht man von einem partiellem FPT (pFPT) bei einer IgG-Konzentration zwischen 5,1-9,9 mg/ml und von einem absoluten FPT bei IgG-Werten  $\leq 5,0$  mg/ml.

Ausreichende Versorgung des Kalbes:  $\geq 10,0$  mg/ml IgG (Serum)

pFPT: 5,1-9,9 mg/ml IgG (Serum)

FPT:  $\leq 5,0$  mg/ml IgG (Serum)

In Abbildung 5 sind die IgG-Konzentrationen der Kälber aus den vier verschiedenen Haltungen der Muttertiere entsprechend oben genannter Konzentrationsbereiche dargestellt.



**Abbildung 5:** Vergleich der mit kolostralem IgG absolut unterversorgten ( $\text{IgG} \leq 5,0 \text{ mg/ml}$ ,  $n=8$ ), partiell unterversorgten ( $5,1 \leq \text{IgG} \leq 9,9 \text{ mg/ml}$ ,  $n=15$ ) und ausreichend versorgten ( $\text{IgG} \geq 10,0 \text{ mg/ml}$ ,  $n=148$ ) Kälber (Anzahl in %) anhand des Haltungssystems der Muttertiere:

1)AoW=Anbindehaltung ohne Weidegang, 2)LoW=Laufstall ohne Weidegang,  
3)AmW=Anbindehaltung mit Weidegang, 4)LmW=Laufstall mit Weidegang

Zur Abbildung 5 können Anzahl und prozentuale Verteilung der Kälber in Tabelle 8 eingesehen werden.

**Tabelle 8:** Anzahl ( $n$ ) und prozentuale Verteilung (%) der Kälber nach Immunglobulinkonzentrationen im Serum ( $\text{mg/ml}$ ) sowie Haltungssystemen der Muttertiere:

1)AoW=Anbindehaltung ohne Weidegang, 2)LoW=Laufstall ohne Weidegang,  
3)AmW=Anbindehaltung mit Weidegang, 4)LmW=Laufstall mit Weidegang

Haltungs- system	FPT $\leq 5,0 \text{ mg/ml}$		pFPT 5,1-9,9 mg/ml		kein FPT $\geq 10,0 \text{ mg/ml}$		Gesamtzahl Kälber	
	n	%	n	%	n	%	n	%
1)AoW	1	2,3	5	11,6	37	86,0	43	100
2)LoW	2	5,6	2	5,6	32	88,9	36	100
3)AmW	2	4,2	4	8,3	42	87,5	48	100
4)LmW	3	6,8	4	9,1	37	84,1	44	100

FPT, IgG < 5,0 mg/ml:

Während in der Haltung

1) *Anbindehaltung ohne Weidegang* ein Kalb (Kalb 244 mit 3,30 mg/ml) und in den Haltungen 2) *Laufstall ohne Weidegang* (Kalb 322 mit 2,96 mg/ml und Kalb 331 mit 2,22 mg/ml) und 3) *Anbindehaltung mit Weidegang* (Kalb 362 mit 4,97 mg/ml und Kalb 400 mit 2,90 mg/ml) jeweils zwei Kälber absolut mit kolostralem IgG unterversorgt waren, wurden in der Haltung 4) *Laufstall mit Weidegang* drei Kälber verzeichnet (Kalb 430 mit 1,46 mg/ml, Kalb 469 mit 5,07 mg/ml und Kalb 477 mit 4,19 mg/ml).

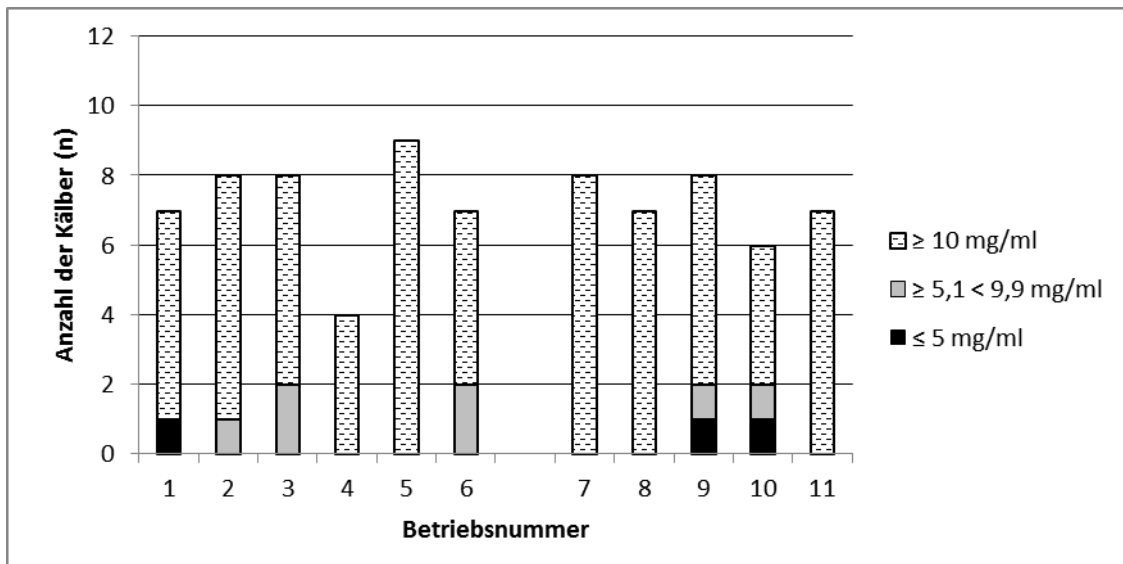
pFPT,  $5,1 \leq \text{IgG} \leq 9,9$  mg/ml:

Partiell mit maternalem IgG unterversorgt waren in der Haltung

- 1) *Anbindehaltung ohne Weidegang* fünf Kälber,
- 2) *Laufstall ohne Weidegang* zwei Kälber,
- 3) *Anbindehaltung mit Weidegang* und
- 4) *Laufstall mit Weidegang* jeweils vier Kälber.

Insgesamt konnten bei sechs Kälbern (14,0%) aus der Anbindehaltung ohne Weidegang und bei vier Kälbern (11,1%) aus dem Laufstall ohne Weidegang IgG-Konzentrationen gemessen werden, die auf eine unzureichende kolostrale IgG-Versorgung hinweisen. In der Anbindehaltung mit Weidegang waren sechs Kälber (12,5%) und im Laufstall mit Weidegang sieben Kälber (15,9%), bei denen IgG-Werte < 10,0 mg/ml gemessen wurden.

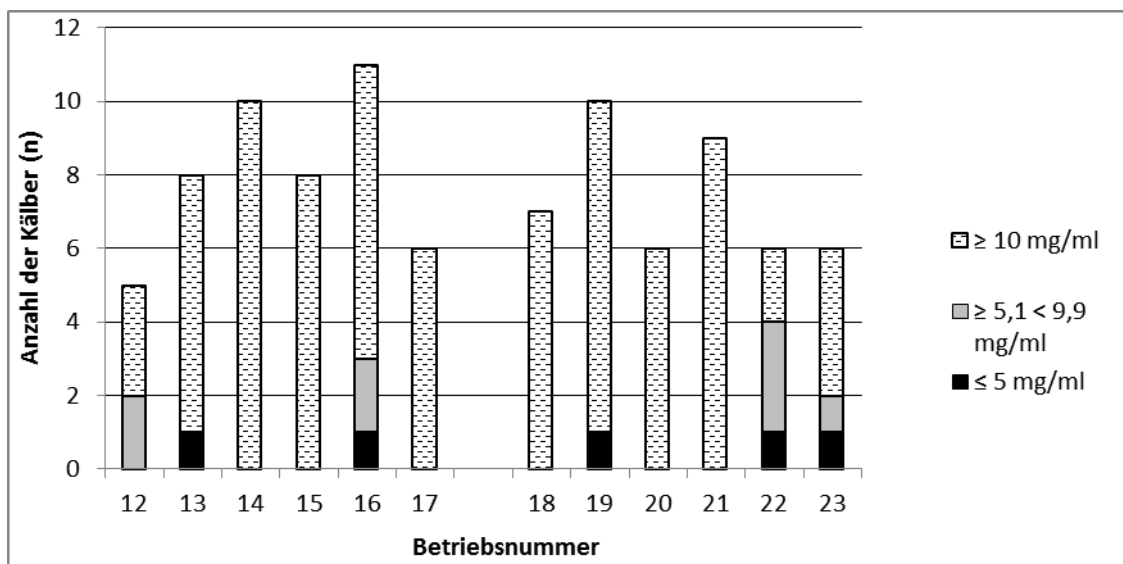
Zur Verdeutlichung des betriebsspezifischen Einflusses auf die Serum-IgG-Konzentration der Kälber sind die Kälber, deren IgG-Konzentration auf einen FPT (IgG < 5,0 mg/ml), pFPT ( $5,1 \leq \text{IgG} \leq 9,9$  mg/ml) oder eine ausreichende kolostrale IgG-Versorgung (IgG  $\geq 10,0$  mg/ml) schließen lassen, in den jeweiligen Betrieben dargestellt (Abbildungen 6 und 7).



**Abbildung 6:** Verteilung der einzelnen Kälber (n=79) mit IgG-Konzentrationen im Serum von  $\leq 5,0$  mg/ml,  $\geq 5,1 < 9,9$  mg/ml oder  $\geq 10,0$  mg/ml nach Betrieben;

Betriebe 1-6: Anbindehaltung ohne Weidegang

Betriebe 7-11: Laufstall ohne Weidegang



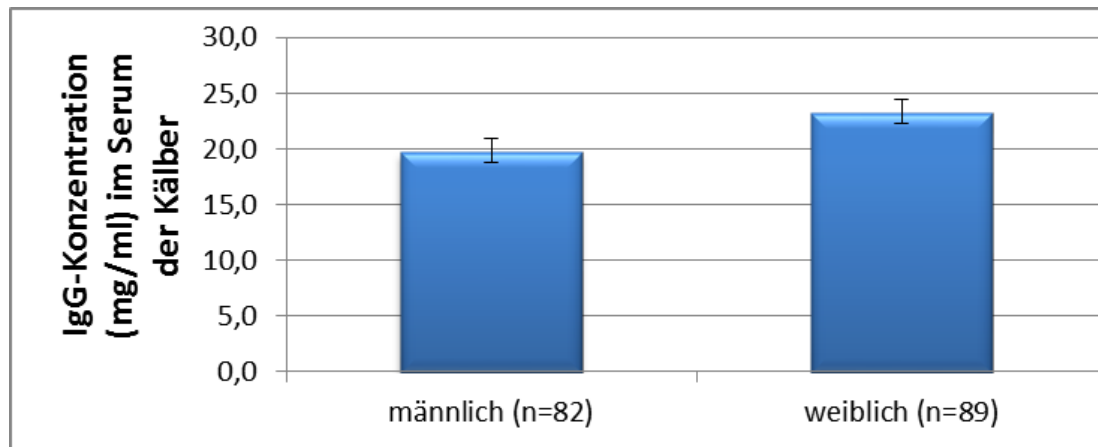
**Abbildung 7:** Verteilung der einzelnen Kälber (n=92) mit IgG-Konzentrationen im Serum von  $\leq 5,0$  mg/ml,  $\geq 5,1 < 9,9$  mg/ml oder  $\geq 10,0$  mg/ml nach Betrieben;

Betriebe 12-17: Anbindehaltung mit Weidegang

Betriebe 18-23: Laufstall mit Weidegang



In Abbildung 8 sind vergleichend die mittleren IgG-Gehalte von männlichen und weiblichen Kälbern dargestellt:



**Abbildung 8:** Vergleich der durchschnittlichen IgG-Konzentration (mg/ml) ( $\pm$ SE) im Serum von männlichen (n=82) und weiblichen Kälbern (n=89)

Die Tatsache, dass die Muttertiere einiger Kälber (n=144) mit einer Mutterschutzvakzine im Trockenstehen geimpft waren, hatte keine signifikante Auswirkung weder auf den IgG-Gehalt im Serum der Kälber noch im Serum der Kühe (siehe Ergebnisse unter Punkt 4.2.2.).

In der Tabelle 38 können alle exakten Daten der im Folgenden angesprochenen Ergebnisse zur Verteilung der Tiere nach Referenzbereichen eingesehen werden.

#### Referenzbereiche für IgG

Betrachtet man die Verteilung der Immunglobuline nach Toleranzgrenzen (Fürl, 2014) für Kälber/Jungrinder, so befinden sich 32,1% der Kälber aus dem Laufstall ohne Weidegang und 34,4% der Kälber aus dem Laufstall mit Weidegang unterhalb der Toleranzgrenze. Die Kälber der anderen beiden Haltungen sind vergleichsweise häufig im Bereich oberhalb der Toleranzgrenzen verteilt. Dieser Zusammenhang ist aber mit  $p=0,077$  nicht signifikant.

Bezüglich der Immunglobulinverteilung nach Toleranzgrenzen bei männlichen und weiblichen Kälbern gibt es kaum Unterschiede und auch keinen signifikanten Zusammenhang. Auffallend ist aber, dass bei beiden Geschlechtern mehr als die Hälfte des Immunglobulin-G der Kälber oberhalb der Toleranzgrenze liegt.

In der Tabelle 38 im Anhang wird auch auf den Zeitpunkt der Blutentnahme und die daraus folgende Verteilung der Immunglobuline nach Toleranzgrenzen eingegangen. Daraus wird ersichtlich, weshalb der Zeitpunkt der Blutentnahme zwischen der 24. und 72. Lebensstunde am sinnvollsten erscheint, da vor der 24. Stunde bzw. nach der 72. Stunde post natum prozentual gesehen viele Immunglobuline unterhalb der Toleranzgrenze gemessen werden (siehe auch Abbildung 2). Der Zusammenhang zwischen Zeitpunkt der Blutentnahme und Immunglobulinverteilung nach Toleranzgrenzen ist mit  $p=0,049$  statistisch signifikant (Cramer-V=0,161).

Der Zeitpunkt der Kolostrumfütterung wirkt sich mit der zweiten bis vierten Lebensstunde post natum bezüglich der Verteilung der Immunglobuline im und oberhalb des Toleranzbereiches am günstigsten für die IgG-Versorgung der Kälber aus. Dies ist jedoch statistisch nicht signifikant ( $p=0,840$ ).

#### 4.1.3.2. IgG-Gesamtaufnahme (g)

Bei 25 Kälbern konnte keine IgG-Gesamtaufnahme berechnet werden. Bei diesen war die aufgenommene Menge des Erstkolostrums nicht bekannt, da die Möglichkeit bestand, die erste Kolostrummahlzeit vom Euter des Muttertieres aufzunehmen.

Die Verteilung der Kälber nach Haltungsförmn, bei denen Angaben über das aufgenommene Kolostrumvolumen eine Berechnung der IgG-Gesamtaufnahme zuließen ( $n=217$ ), ist in Tabelle 9 dargestellt.

**Tabelle 9:** Darstellung der mittleren gesamt aufgenommenen IgG-Menge (g) aus dem Kolostrum sowie Verteilung der Kälber nach Haltungsförmn

	Holzbox/ Iglu n=196	Anbindung n=14	Gruppenhaltung/ Laufstall n=7
IgG-Gesamtaufnahme MW (g)	99,3	110,1	128,4

Aus Tabelle 10 gehen signifikante Zusammenhänge zwischen einigen Einflussvariablen und der gesamt aufgenommenen IgG-Menge (g) aus dem Kolostrum durch die Kälber hervor.

**Tabelle 10:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich der IgG-Gesamtaufnahme der Kälber aus dem Kolostrum;

Zeitpkt. Kol.fü. = Zeitpunkt Kolostrumfütterung

Abhängige Variable	Betrachtungsweise		Jahreszeit	Zwilling	Zeitpkt. Kol.fü.	Betrieb
<b>IgG-Gesamt-aufnahme</b>	Unifaktoriell	p d	0,011 0,600 Herbst↑	0,043 -0,500	0,030 0,400	
	Multifaktoriell	p r <sup>2</sup>		0,002 0,071	0,049 0,032	<b>0,001</b> <b>0,259</b>

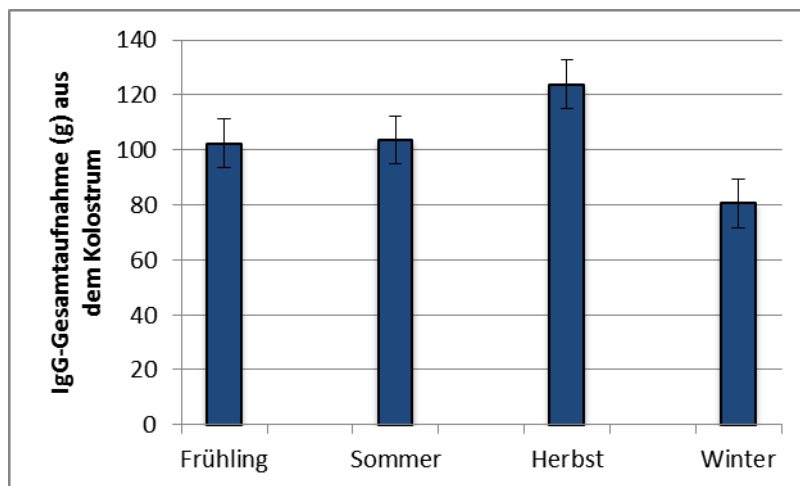
Aus unifaktorieller Betrachtungsweise gesehen, ist die Bedeutung der Jahreszeit Herbst als die Jahreszeit mit der höchsten aufgenommenen IgG-Menge (g) aus dem Kolostrum unter allen Kälbern mit signifikant zu beurteilen. Die errechnete Effektgröße Cohen d gibt den Zusammenhangsgrad wieder. Dieser ist bei Betrachtung der gesamt aufgenommenen IgG-Menge (g) aus dem Kolostrum im Herbst im Vergleich zu der IgG-Menge, die die Kälber aus dem Erstgemelk im Winter aufnahmen, stark ausgeprägt ( $d=0,6$ ), (Abbildung 9).

Bei Zwillingssäuglingen wurden signifikant geringere IgG-Gesamtaufnahmen aus dem Kolostrum ermittelt.

Auch der Zeitpunkt der Kolostrumfütterung beeinflusst die Menge an IgG, die die Kälber aus dem Kolostrum aufzunehmen vermögen, signifikant. Somit wurden größere IgG-Gesamtaufnahmen (g) bei einer Kolostrumfütterung ab der 4. Lebensstunde post natum ermittelt.

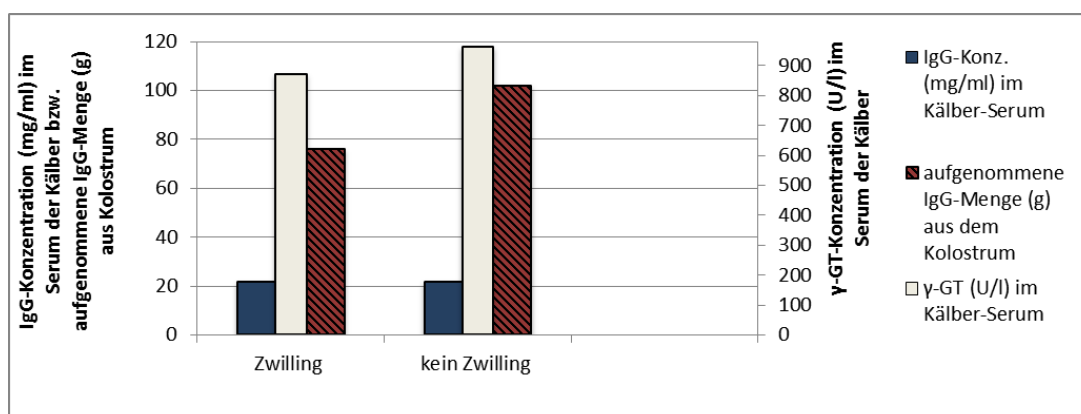
Multifaktoriell betrachtet, ist der Einfluss der Jahreszeit nicht signifikant. Dagegen sind hier weitere Faktoren, wie Zwillingssäuglinge mit 7,1% und der Zeitpunkt der Kolostrumfütterung (3,2%), welche kombiniert über das allgemeine lineare Modell betrachtet wurden, als geringfügige, jedoch signifikante Einflussvariablen auf die aus dem Kolostrum gesamt aufgenommene Immunglobulin-G-Menge (g) anzusehen. Insgesamt aber hat jeder einzelne Betrieb mit 25,9% den stärksten Einfluss darauf, wieviel kolostrales IgG letztendlich das einzelne Kalb aufzunehmen vermag.

Abbildung 9 stellt im jahreszeitlichen Vergleich die mittlere gesamt aufgenommene IgG-Menge (g) durch die Kälber aus dem Kolostrum dar.



**Abbildung 9:** Vergleichende Darstellung der mittleren IgG-Mengen (g) ( $\pm$ SE), die die Kälber ( $n=217$ ) zu jeder Jahreszeit aus dem Kolostrum aufgenommen haben

In Abbildung 10 sind u. a. die mittleren IgG-Gesamtaufnahmen (g) von Zwillingskälbern im Vergleich zu „Nicht-Zwillingskälbern“ dargestellt. Daraus geht hervor, dass – wie oben bereits erwähnt – bei Zwillingskälbern signifikant niedrigere Gesamtaufnahmen an kolostralem IgG gemessen werden konnten, wohingegen sich die mittleren IgG-Konzentrationen (mg/ml) im Serum nicht unterscheiden (Zwilling MW: 21,6 mg/ml; Nicht-Zwilling MW: 21,6 mg/ml).



**Abbildung 10:** Darstellung der mittleren IgG-Konzentration (mg/ml) im Serum von Zwillingskälbern ( $n=19$ ) und „Nicht-Zwillingskälbern“ ( $n=152$ ), der mittleren gesamt aufgenommenen IgG-Menge (g) aus dem Kolostrum von Zwillingskälbern ( $n=24$ ) und „Nicht-Zwillingskälbern“ ( $n=193$ ) sowie der mittleren  $\gamma$ -GT-Konzentration (U/l) im Serum von Zwillingskälbern ( $n=27$ ) im Vergleich zu „Nicht-Zwillingskälbern“ ( $n=215$ )

#### 4.1.3.3. Korrelation zwischen Kolostrummenge (l) und IgG-Gesamtaufnahme (g)

Die durchschnittliche Kolostrummenge in allen 23 Betrieben beträgt 1,7 l und unterscheidet sich nur wenig zwischen den Haltungssystemen. Drei Kälber (Kalb 332, 431, 432) nahmen mit jeweils 0,2 l die geringste Menge und ein Kalb mit 4,5 l (Kalb 286) die größte Menge an Erstkolostrum auf.

25 Kälber hatten die Möglichkeit, selbstständig die erste Kolostralmilch von der Mutter aufzunehmen, weshalb bei diesen die Menge an Kolostrum (sowie der Zeitpunkt der Kolostrumaufnahme) nicht bekannt ist.

Aufgrund des berechneten Korrelationskoeffizienten von  $r=0,553$  und einer Signifikanz von  $p<0,001$  besteht eine stark positive, signifikante Korrelation zwischen der aufgenommenen Kolostrummenge und der gesamten IgG-Menge (g), die die Kälber aus dem Kolostrum aufnahmen.

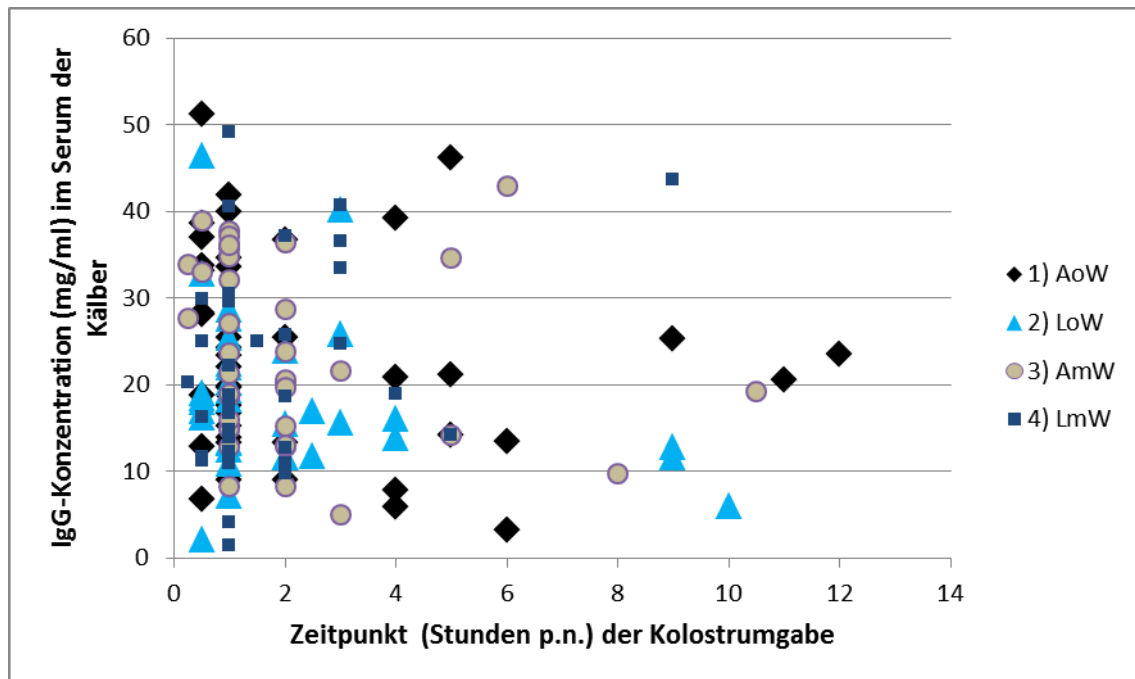
#### 4.1.3.4. Korrelation zwischen Zeitpunkt der Kolostrumfütterung und IgG-Konzentration im Serum der Kälber

In der Tabelle 11 sind die mittleren IgG-Konzentrationen ( $\pm$  SE) im Serum der Kälber (mg/ml) dargestellt, verteilt nach Zeitpunkt der ersten Kolostrumaufnahme (Stunden post natum):

**Tabelle 11:** Vergleich der durchschnittlichen IgG-Konzentration (mg/ml) ( $\pm$ SE) im Serum der Kälber hinsichtlich des Zeitpunktes der ersten Kolostrumaufnahme (Stunden post natum)

Stunden p.n.	IgG (mg/ml)	SE	n	%
< 2 Stunden	22,8	1,1	94	61,0
$\geq 2 < 4$ Stunden	20,9	1,7	35	22,7
$\geq 4$ Stunden	20,0	2,5	25	16,2

Anhand des errechneten Korrelationskoeffizienten ( $r = -0,77$ ) kann ein stark negativer, aber nicht signifikanter ( $p = 0,333$ ) Zusammenhang zwischen dem Zeitpunkt der ersten Kolostrumfütterung und der Serum-IgG-Konzentration der Kälber festgestellt werden. Dieser wird in Abbildung 11 dargestellt:



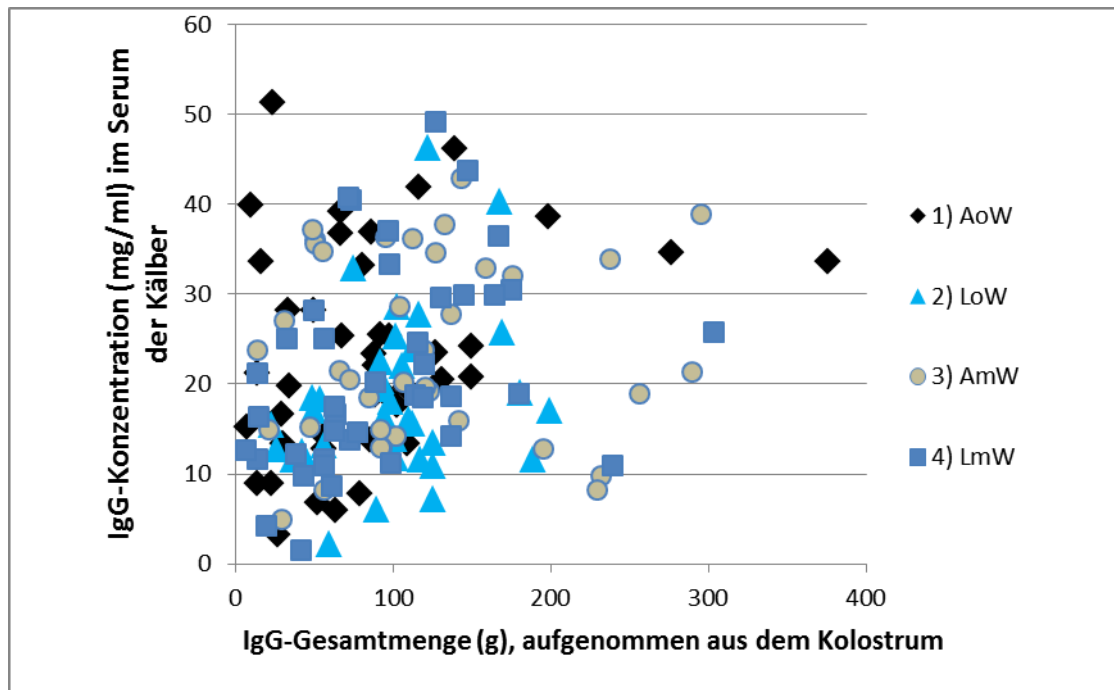
**Abbildung 11:** Korrelation zwischen dem Zeitpunkt (Stunden post natum) der Kolostrumaufnahme und der IgG-Konzentration (mg/ml) im Serum der Kälber ( $n = 171$ ), verteilt auf die Haltungssysteme der Muttertiere:

1)AoW=Anbindehaltung ohne Weidegang, 2)LoW=Laufstall ohne Weidegang,  
3)AmW=Anbindehaltung mit Weidegang, 4)LmW=Laufstall mit Weidegang

#### 4.1.3.5. Korrelation zwischen der aus dem Kolostrum gesamt aufgenommenen IgG-Menge und der IgG-Konzentration im Serum der Kälber

Die gesamte Menge in Gramm (g) an aufgenommenem Immunglobulin-G aus dem Erstkolostrum durch die Kälber wurde für jedes einzelne Kalb bestimmt. Diese wurde aus der Menge an aufgenommenen Kolostrum (l) und der IgG-Konzentration (mg/ml) im Erstgemelk der Mutterkuh, welche mittels ELISA ermittelt werden konnte, errechnet. Mit der Gesamtmenge an IgG (g), die das einzelne Kalb aus dem jeweils angebotenen Kolostrumvolumen aufgenommen hat und der ab der 24. Lebensstunde ermittelten IgG-

Konzentration (mg/ml) im Serum des Kalbes, soll ein passiver Transfer maternaler Immunglobuline aus dem Kolostrum in den Kreislauf des Kalbes nachvollzogen werden. Eine Korrelation wird in Abbildung 12 dargestellt.



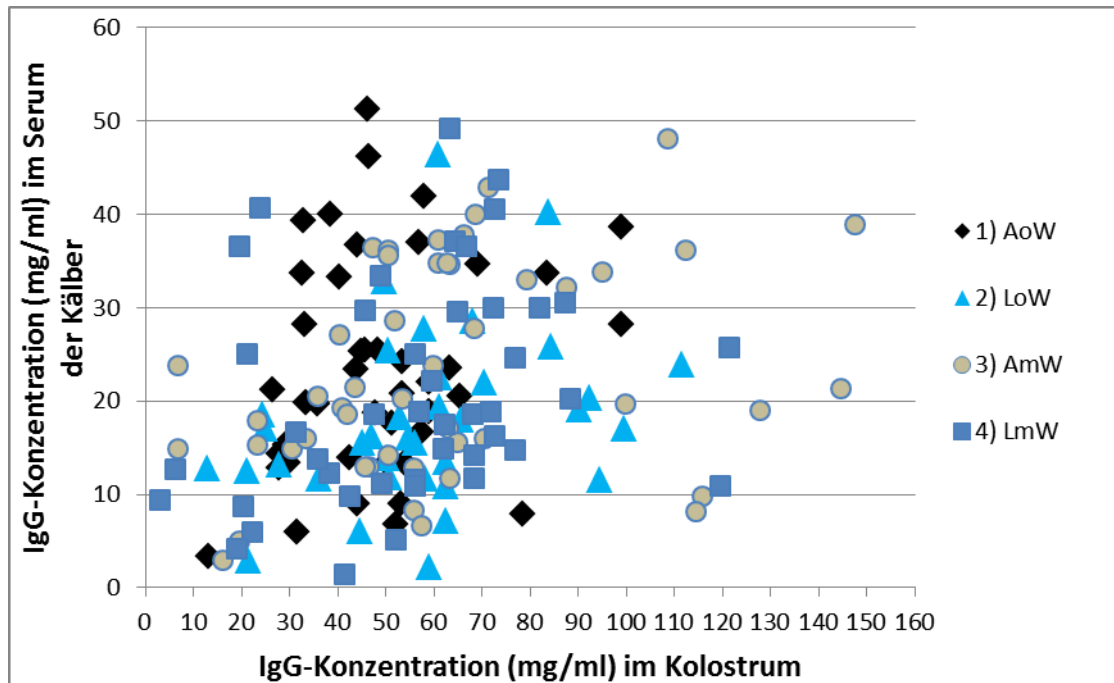
**Abbildung 12:** Korrelation zwischen der mit dem Erstkolostrum aufgenommenen IgG-Menge (g) und der IgG-Konzentration (mg/ml) im Serum der Kälber (n=171), unterteilt nach Haltungssystemen der Muttertiere:

1)AoW=Anbindehaltung ohne Weidegang, 2)LoW=Laufstall ohne Weidegang,  
3)AmW=Anbindehaltung mit Weidegang, 4)LmW=Laufstall mit Weidegang

In Abbildung 12 wird deutlich, dass zwischen der gesamt aufgenommenen kolostralen IgG-Menge und der Konzentration an IgG im Serum der Kälber ein signifikanter ( $p < 0,001$ ) Zusammenhang besteht, welcher aber mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,192$  (Kendall-Tau-b) als unbedeutend beurteilt werden kann.

#### 4.1.3.6. Korrelation zwischen IgG-Konzentration im Kolostrum und IgG-Konzentration im Serum der Kälber

Eine Korrelation zwischen der IgG-Konzentration (mg/ml) im Erstkolostrum und im Serum der Kälber (mg/ml) gibt Abbildung 13 wieder:



**Abbildung 13:** Korrelation zwischen der IgG-Konzentration (mg/ml) im Kolostrum der Kühe ( $n=171$ ) und der IgG-Konzentration (mg/ml) im Serum der Kälber ( $n=171$ ), unterteilt nach Haltungssystemen der Muttertiere:

1)AoW=Anbindehaltung ohne Weidegang, 2)LoW=Laufstall ohne Weidegang,  
3)AmW=Anbindehaltung mit Weidegang, 4)LmW=Laufstall mit Weidegang

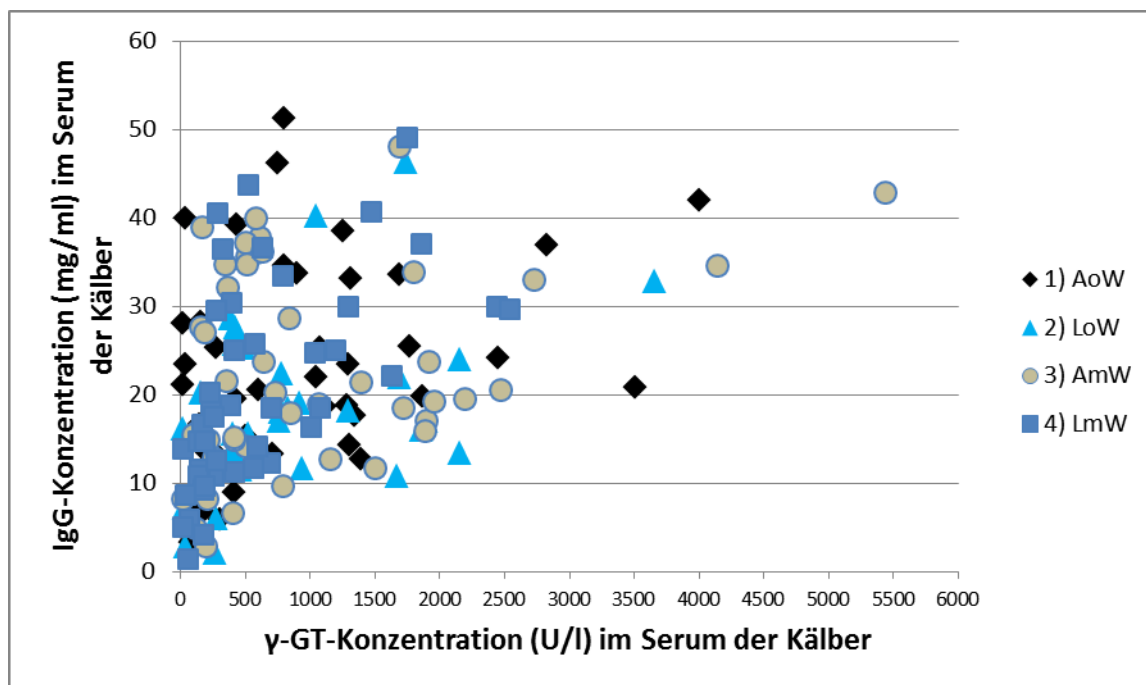
Auch in diesem Punktdiagramm (Abbildung 13) korrelieren die IgG-Konzentration im Kolostrum der Kühe und die Serum-IgG-Konzentration der Kälber signifikant miteinander ( $p<0,001$ ), doch lässt ein Korrelationskoeffizient von  $r=0,179$  auf einen extrem schwachen Zusammenhang schließen.



#### 4.1.3.7. Korrelation zwischen IgG-Konzentration im Serum der Kälber und $\gamma$ -GT-Konzentration im Serum der Kälber

Die  $\gamma$ -Glutamyltransferase ( $\gamma$ -GT) wird bei den Kälbern als labordiagnostischer Parameter zur Beurteilung der Versorgung an kolostralem IgG herangezogen. Ermittelte Konzentrationen von  $< 100,0$  U/l im Serum der Kälber, können auf eine Unterversorgung des neugeborenen Kalbes an maternalen Immunglobulinen oder auf eine Resorptionsstörung im Intestinaltrakt schließen lassen (Klee, 1985).

Da bei den gewonnenen Blutproben ab der 24. Lebensstunde sowohl die Konzentrationen der  $\gamma$ -Glutamyltransferase und des Immunglobulin G aus der gleichen Serumprobe des Kalbes ermittelt worden sind, kann mit einem errechneten Korrelationskoeffizienten von  $r=0,43$  und einer Signifikanz von  $p<0,001$  eine stark positive, signifikante Korrelation zwischen den beiden Blutparametern als Indikatoren für die kolostrale IgG-Versorgung des neugeborenen Kalbes festgestellt werden (Abbildung 14).



**Abbildung 14:** Korrelation zwischen der  $\gamma$ -GT-Konzentration (U/l) und der IgG-Konzentration (mg/ml) beides im Serum der Kälber ( $n=171$ ), verteilt nach den Haltungssystemen der Muttertiere:

- 1)AoW=Anbindehaltung ohne Weidegang, 2)Low=Laufstall ohne Weidegang,  
3)AmW=Anbindehaltung mit Weidegang, 4)LmW=Laufstall mit Weidegang

#### 4.1.4. Rotes Blutbild (Erythrogramm, Kalb)

##### 4.1.4.1. Erythrozyten-Konzentration beim Kalb

In den nachfolgenden Tabellen 12 und 13 zum roten Blutbild beim Kalb werden verschiedene Einflussfaktoren auf die Laborparameter in unifaktorieller und multifaktorieller Betrachtungsweise miteinander verglichen.

**Tabelle 12:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich der Erythrozyten-Konzentration der Kälber; \* = in Kombination, Zeitpkt. = Zeitpunkt

Abhängige Variable	Betrachtungsweise		Zwilling	Haltung Kühe* Zeitpkt. Kolostrumfütterung
<b>Erythrozyten Kalb</b>	Unifaktoriell	p	0,004	
		d	0,340	
	Multifaktoriell	p	0,040	0,007
		r <sup>2</sup>	0,023	0,090

Bei der Konzentration der roten Blutkörperchen des Kalbes kann sowohl unifaktoriell als auch multifaktoriell betrachtet, bei Zwillingssäubern ein signifikanter Unterschied im Vergleich zu „Nicht-Zwillingen“ beobachtet werden.

Zwillingssäuber haben mit  $7,5 \times 10^{12}/l$  eine signifikant niedrigere mittlere Erythrozyten-Konzentration („Nicht-Zwillinge“:  $8,3 \times 10^{12}/l$ ).

Dieser Unterschied ist bei multifaktorieller Betrachtung mit 2,3% von geringfügiger Bedeutung.

Die Haltung der Kühe in Kombination (\*) mit dem Zeitpunkt der ersten Kolostrummahlzeit nimmt einen etwas größeren Einfluss (9,0%) auf die Erythrozyten-Konzentration.

#### 4.1.4.2. Hämoglobin-Konzentration und Hämatokrit beim Kalb

**Tabelle 13:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich der Hämoglobin-Konzentration des Kalbes

Abhängige Variable	Betrachtungsweise		Jahreszeit
<b>Hämoglobin Kalb</b>	Unifaktoriell	p r	0,024 0,480 Sommer↑
	Multifaktoriell	p r <sup>2</sup>	0,211 0,024

Aus Tabelle 13 geht hervor, dass die mittlere Hämoglobin-Konzentration der Kälber in den Sommermonaten signifikant höher liegt, als in den anderen Jahreszeiten (exakte Angaben zu den mittleren Werten sind in der Tabelle 39 im Anhang zu finden).

Werden alle Faktoren in Kombination über das allgemeine lineare Modell betrachtet, so ist dieser jahreszeitliche Konzentrationsunterschied mit  $p=0,211$  nicht signifikant und spielt mit  $r^2=0,024$  (2,4%) eine untergeordnete Rolle.

Bei der Auswertung der Hämatokrit-Gehalte beim Kalb gibt es bezüglich der Jahreszeit nur äußerst geringfügige Unterschiede, die statistisch nicht signifikant sind.

#### Referenzbereiche rotes Blutbild:

Bezüglich der mittleren Konzentrationsunterschiede der Erythrozyten bei Zwillingen und „Nicht-Zwillingen“ gibt es im Bereich der Referenzwerte keine signifikanten Unterschiede. Bei den „Nicht-Zwillingskälbern“ liegen um nur 2,7% mehr Kälber im Referenzbereich.

Hinsichtlich der Hämoglobin-Konzentration liegen Zwillingskälber mit 18,5% unterhalb des Referenzbereiches, während 21,4% der „Nicht-Zwillinge“ oberhalb der Referenzwerte für Hämoglobin liegen. Zwillingskälber haben signifikant niedrigere Hämoglobinkonzentrationen ( $p=0,028$ ; Cramer-V=0,172).

Noch deutlicher ist der Einfluss des Geschlechtes auf die Verteilung des Hämoglobins ( $p=0,005$ ; Cramer-V=0,208). So liegen die Hämoglobin-Gehalte bei den weiblichen Kälbern

zu 81,5% im Referenzbereich, während die männlichen Kälber höhere Hämoglobin-Gehalte aufweisen. Bei diesen liegen 63,6% im und 28,8% oberhalb des Referenzbereiches.

Die Hämoglobin-Konzentration ändert sich mit zunehmenden Zeitpunkt der Blutprobenentnahme. Mit jeder weiteren Lebensstunde post natum liegen weniger Hämoglobin-Werte oberhalb des Referenzbereiches. Ab der 48. Lebensstunde werden sogar bei 17,8% der Kälber niedrigere Werte gemessen. Dies ändert sich allerdings bei neun Kälber, die nach der 72. Lebensstunde beprobt wurden. Davon weisen 2 Kälber erhöhte Hämoglobin-Werte auf ( $p=0,001$ ; Cramer-V=0,218).

Weiterhin konnte festgestellt werden, dass 40,0% der Kälber, die ihre erste Kolostrummahlzeit beim Muttertier aufnahmen ( $n=25$ ), Hämoglobin-Konzentrationen oberhalb des Referenzbereiches aufwiesen. Im Vergleich dazu waren 18,4% der mittels Saugflasche oder Eimer getränkten Kälber oberhalb der Referenzwerte für Hämoglobin. Demnach konnte bei den Kälbern ( $n=25$ ), die das Erstkolostrum nach der Geburt im Stall oder auf der Weide meist unbeabsichtigt direkt vom Euter der Kuh aufnahmen, signifikant höhere Hämoglobin-Konzentrationen ( $p=0,041$ ; Cramer-V=0,163) ermittelt werden. Diese Kälber wurden nicht bei der Kuh belassen (mit Ausnahme von elf Kälbern), sondern getrennt von dieser im Stall oder in Außen-Iglus untergebracht und regelmäßig vom Landwirt getränkt.

#### 4.1.5. *Weißes Blutbild (Leukogramm, Kalb)*

##### Leukozyten-Konzentration beim Kalb

In der vorliegenden Studie wurden die Blutparameter eines kleinen Blutbildes untersucht (siehe Punkt 3.6.). Ein Differentialblutbild wurde nicht angefertigt, weshalb sowohl beim Kalb als auch bei der Kuh die Gesamtleukozytenzahl gemessen wurde.

Kälber, die nach der Geburt direkt vom Euter der Kuh ihre erste Kolostrummahlzeit aufnahmen, hatten im Vergleich zu aus Eimer oder Saugflaschen getränkten Kälbern höhere mittlere Leukozyten-Konzentrationen.

Kalb nimmt Erstkolostrum bei Kuh auf (n=25), MW:  $11,5 \times 10^9/l$

Kalb aus Eimer/Saugflasche getränkt (n=217), MW:  $8,9 \times 10^9/l$

Dieser Zusammenhang wird auch bei multifaktorieller Betrachtung als signifikanter Unterschied festgestellt, ist aber mit 2,2% als Einflussfaktor auf den Leukozyten-Gehalt von geringer Relevanz (Tabelle 14).

**Tabelle 14:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich der Leukozyten-Konzentration des Kalbes

Abhängige Variable	Betrachtungsweise		Kalb nimmt Erstkolostrum bei Kuh auf
<b>Leukozyten Kalb</b>	Unifaktoriell	p	0,047
		d	0,600
	Multifaktoriell	p	0,044
		r <sup>2</sup>	0,022

Referenzbereiche Leukozyten:

Der Zeitpunkt der Blutentnahme spielt nicht nur bei der Serum-IgG-Konzentration und beim Hämoglobin-Gehalt eine Rolle, sondern auch bei Betrachtung der Leukozyten. Die Kälber, die vor der 24. Lebensstunde beprobt wurden, weisen signifikant höhere Leukozyten-Konzentrationen auf. Bei 62,0% liegen die Werte im Referenzbereich und bei 35,2% sogar über den Referenzgrenzen. Im Blut, das von der 24.-72. Lebensstunde genommen wurde, nimmt der prozentuale Anteil der Leukozyten-Gehalte, die innerhalb der Referenzwerte liegen, deutlich zu (24.-48. Lebensstunde: 85,4%; 48.-72. Lebensstunde: 90,4%), ( $p < 0,001$ ; Cramer-V=0,229).

Kälber, die das Erstkolostrum von der Kuh aufnahmen, haben signifikant höhere Leukozyten-Konzentrationen ( $p = 0,034$ ; Cramer-V=0,167). Bei 36,0% der Kälber, die das Erstkolostrum von der Kuh aufnahmen, sind die Leukozyten oberhalb des Referenzbereiches. Im Gegensatz

dazu sind dies nur 15,7% der Kälber mit erhöhten Konzentrationen, die mittels Saugflasche oder Eimer getränkt wurden.

#### 4.1.6. *Thrombozyten-Konzentration (Blutplättchen, Kalb)*

In der nachfolgenden Tabelle 15 werden Einflussfaktoren und deren Signifikanzen auf die Thrombozyten-Gehalte im Blutplasma der Kälber dargestellt. Auch hier wird einerseits jeder einzelne Faktor betrachtet, der die Blutplättchen-Konzentration beeinflusst und andererseits alle in die Untersuchung aufgenommenen Einflussfaktoren in Kombination.

**Tabelle 15:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich der Thrombozyten-Konzentration des Kalbes

<i>Abhängige Variable</i>	<i>Betrachtungsweise</i>		<i>Jahreszeit</i>	<i>Zwilling</i>
<b><i>Thrombozyten Kalb</i></b>	Unifaktoriell	p d	0,028 0,500 Winter↑	0,050 -0,400
	Multifaktoriell	p r <sup>2</sup>	0,068 0,038	0,394 0,004

In den Wintermonaten des Versuchsjahres 2013-2014 wiesen die Kälber signifikant höhere Thrombozyten-Konzentrationen auf als im Frühling:

Winter, MW:  $431,9 \times 10^9/l$

Frühling, MW:  $337,0 \times 10^9/l$

Dieser Zusammenhang ist bei multifaktorieller Betrachtung nicht signifikant.

Bei Zwillingskälbern ist die Thrombozyten-Konzentration höher als bei „Nicht-Zwillingskälbern“. Dieser Unterschied ist allerdings bei beiden Betrachtungsweisen nicht signifikant ( $p=0,050$ ).

### Referenzbereiche Thrombozyten:

Über 90,0% der Kälber liegen zu jeder Jahreszeit im Referenzbereich für Thrombozyten.

Prozentual gesehen sind geringfügig häufiger Zwillingskälber oberhalb des Referenzbereiches verteilt. Dieser Zusammenhang ist statistisch nicht signifikant ( $p=0,195$ ).

#### 4.1.7. Leberenzyme (Kalb)

##### 4.1.7.1. Laktatdehydrogenase-Konzentration (LDH)

In den nachfolgenden Tabellen 16 und 17 werden Einflussfaktoren auf die Leberenzyme LDH (Laktatdehydrogenase) und GLDH (Glutamatdehydrogenase) des Kalbes nach unifaktorieller und multifaktorieller Betrachtungsweise dargestellt.

**Tabelle 16:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich der LDH-Konzentration des Kalbes; Zeitpkt. Kol.fü. = Zeitpunkt Kolostrumfütterung; GLDH = Glutamatdehydrogenase

Abhängige Variable	Betrachtungsweise		Zwilling	Zeitpkt. Kol.fü.	GLDH	Betrieb
<b>LDH Kalb</b>	Unifaktoriell	p d	<0,001 0,800 Zwilling↓	0,001 0,500	<0,001 0,375	
	Multifaktoriell	p r <sup>2</sup>	0,444 0,003	0,522 0,007		<b>0,001 0,199</b>

#### *Zwilling*

Aus Tabelle 16 geht hervor, dass bei isolierter Betrachtung (unifaktoriell) der Einflussvariable „Zwilling“, die mittleren LDH-Werte von Zwillingskälbern signifikant geringer sind als bei „Nicht-Zwillingen“.

#### *GLDH*

Die Glutamatdehydrogenase (GLDH) ist ebenso ein Leberenzym und korreliert signifikant mit der LDH beim Kalb.

### *Zeitpunkt Kolostrumfütterung*

Der Zeitpunkt der ersten Kolostrumfütterung hat mit einer Effektstärke von  $d=0,5$  einen stark signifikanten Einfluss auf die LDH-Konzentration. Die Kälber, die ab der 4. Lebensstunde mit Kolostralmilch erstmals gefüttert wurden (MW: 1080,4 U/l), hatten höhere mittlere LDH-Konzentrationen als die Kälber, die während der zweiten bis vierten Lebensstunde (MW: 754,7 U/l,  $d=0,5$ ) sowie noch vor der zweiten Stunde post natum (MW: 841,8 U/l,  $d=0,2$ ) Kolostrum aufnahmen. Je später die Kälber mit Kolostrum gefüttert wurden, desto höhere LDH-Konzentrationen wurden gemessen.

Alle genannten Faktoren (mit Ausnahme der GLDH, die bei multifaktorieller Betrachtung nicht miteinbezogen wurde), haben in Kombination betrachtet (multifaktoriell) keine Signifikanz und demnach keine Bedeutung hinsichtlich der LDH-Werte des Kalbes.

Herausragend mit einem quadrierten Korrelationskoeffizienten von  $r^2=0,199$  (=19,9%) ist der einzelne Betrieb als stärkster Einflussfaktor auf die LDH-Konzentration.

### Referenzbereiche LDH:

Zwillingskälber sind mit einem prozentualen Anteil von 74,1% unterhalb des Referenzbereiches verteilt. Zum Vergleich sind 38,1% der „Nicht-Zwillinge“ unterhalb und mehr als die Hälfte der Kälber im Referenzbereich. Dieser Zusammenhang wird mit einer Signifikanz von  $p=0,002$  und einer Effektstärke von Cramer-V=0,232 bestätigt.

Der Zeitpunkt der Kolostrumfütterung ist auch im Hinblick der Verteilung der LDH nach Referenzbereichen von statistischer Relevanz. Je später das Kalb mit Kolostrum getränkt wird (ab der vierten Lebensstunde post natum), desto mehr Kälber liegen prozentual verteilt im Referenzbereich bzw. oberhalb des Referenzbereiches der LDH ( $p=0,004$ ; Cramer-V=0,218).

Das Geschlecht des Kalbes spielt bei der Auswertung der Mittelwerte der Laktatdehydrogenase keine Rolle.

Betrachtet man die jedoch die Referenzbereiche, so liegen 64,4% der männlichen Kälber und nur 41,9% der weiblichen Kälber innerhalb des Referenzbereiches. Bei mehr als der Hälfte der weiblichen Kälber sind die LDH-Werte unterhalb des Referenzbereiches verteilt. Diese Korrelation ist signifikant ( $p=0,002$ ; Cramer-V=0,226).



#### 4.1.7.2. Glutamatdehydrogenase-Konzentration (GLDH)

**Tabelle 17:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich der GLDH-Konzentration des Kalbes; m = männlich

Abhängige Variable	Betrachtungsweise		Geschlecht
<b>GLDH Kalb</b>	Unifaktoriell	p d	0,003 0,340 m↑
	Multifaktoriell	p r <sup>2</sup>	0,003 0,048

Zu den ermittelten GLDH-Werten beim Kalb ist ein signifikanter Unterschied bezüglich des Geschlechtes festzustellen. Demnach haben männliche Kälber mit einer Signifikanz von  $p=0,003$  höhere mittlere GLDH-Konzentrationen als weibliche Kälber ( $d=0,340$ ).

Dieser Zusammenhang spielt bei Betrachtung aller Faktoren und somit multifaktoriell mit  $r^2=0,048$  (4,8%) eine untergeordnete Rolle, auch wenn eine Signifikanz besteht ( $p=0,003$ ).

#### Referenzbereiche GLDH:

Der oben genannte Zusammenhang bezüglich des Geschlechtes des Kalbes ist auch bei der Verteilung der GLDH nach Referenzbereichen erkennbar, jedoch nicht signifikant. Um 7,2% sind mehr männliche Kälber oberhalb des Referenzbereiches verteilt.

Im Hinblick auf den Geburtsverlauf, der bei allen anderen untersuchten Blutparametern keinen Einfluss erkennen lässt, konnten hinsichtlich der GLDH-Konzentration des Kalbes signifikante Zusammenhänge festgestellt werden. Bei einer unkomplizierten Geburt (Spontangeburt) ohne menschliches Eingreifen oder Hilfestellung sind über 90,0% der GLDH-Werte der Kälber im Referenzbereich. Bei leichter Geburtshilfe liegen weniger Kälber im Referenzbereich (82,1%), nämlich bei 17,9% sind die GLDH-Werte zu hoch. Bei zwei Kälber kam es zu einer Schweregeburt. Deren GLDH-Konzentrationen lagen ebenso oberhalb der Toleranzgrenze ( $p=0,008$ ; Cramer-V=0,218).

#### 4.1.7.3. $\gamma$ -Glutamyltransferase-Konzentration ( $\gamma$ -GT)

Um Unterschiede in der  $\gamma$ -GT-Konzentration zu erkennen, werden diesbezüglich in Tabelle 18 verschiedene Einflussfaktoren und deren Signifikanzen dargestellt.

Diese werden sowohl isoliert (unifaktoriell) als auch in Kombination (multifaktoriell) betrachtet.

**Tabelle 18:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich der  $\gamma$ -GT-Konzentration des Kalbes; H = Herbst, F = Frühling, IgG-Ges.auf. = IgG-Gesamtaufnahme

Abhängige Variable	Betrachtungsweise		Jahreszeit	IgG-Serum	IgG-Ges.auf.	Betrieb
<b><math>\gamma</math>-GT Kalb</b>	Unifaktoriell	p d	0,001 0,300 - 0,900 H, F↑	<0,001 0,427	<0,001 0,400	
	Multifaktoriell	p r <sup>2</sup>				<b>0,012</b> <b>0,163</b>

In den Jahreszeiten Herbst und Frühling sind die ermittelten mittleren Konzentrationen der  $\gamma$ -GT signifikant höher als in den Sommer- und Wintermonaten (Abbildung 10).

Im Vergleich von Herbst zu Sommer beträgt die Signifikanz  $p < 0,001$  und im Vergleich Herbst zu Winter  $p = 0,037$  (siehe Tabelle 19). Im Frühling sind die Konzentrationen mit einer Signifikanz von  $p = 0,012$  höher als im Sommer. Ein maximaler Wert von 6.588,5 U/l wurde beim Kalb 407 (Frühling) gemessen.

Frühling, MW: 1086,4 U/l

Sommer, MW: 602,2 U/l

Herbst, MW: 1547,8 U/l

Winter, MW: 893,5 U/l

Wie bereits unter Punkt 4.1.3.7. beschrieben und in Abbildung 14 dargestellt, korreliert die  $\gamma$ -GT stark signifikant mit der Serum-IgG-Konzentration der Kälber.

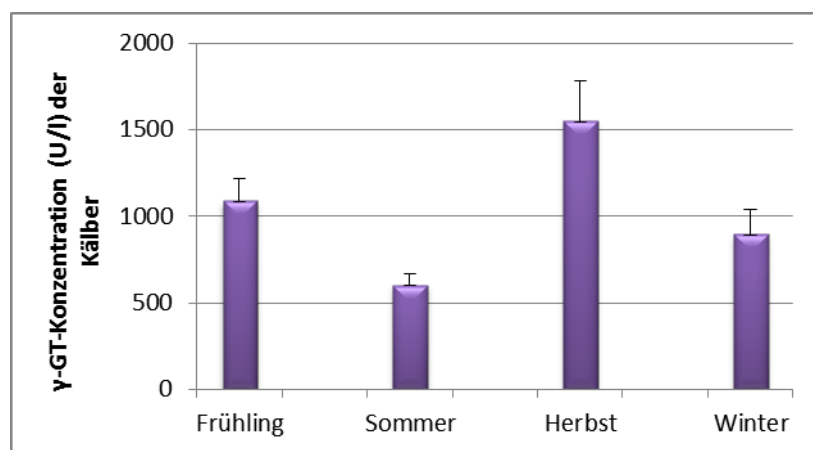
Eine weitere, wenn auch schwach positive Korrelation der  $\gamma$ -Glutamyltransferase, lässt sich mit der gesamt aufgenommenen Menge an IgG aus dem Kolostrum aufzeigen (Tabelle 18).

Ein signifikanter Zusammenhang lässt sich weiterhin zwischen der  $\gamma$ -GT-Konzentration und der kolostralen IgG-Konzentration herstellen ( $p < 0,001$ ;  $r = 0,164$ ).

Bei weiterer Betrachtung aller Faktoren in Kombination über das allgemeine lineare Modell, ist der Einfluss der Jahreszeit auf die  $\gamma$ -GT-Konzentration nicht signifikant. Ebenso wenig sind in dieser Zusammenhangsdarstellung die Serum-IgG-Konzentration und die IgG-Gesamtaufnahme von Bedeutung.

Demgegenüber wird der betriebspezifischen Komponenten als Einflussvariable mit 19,6% und einer Signifikanz von  $p = 0,012$  die größte Bedeutung im Konzentrationsverlauf der  $\gamma$ -GT beigemessen.

Abbildung 15 veranschaulicht den Einfluss der Jahreszeiten auf die  $\gamma$ -Glutamyltransferase-Aktivität.



**Abbildung 15:** Vergleich der mittleren  $\gamma$ -GT-Konzentration (U/l) ( $\pm$  SE) der Kälber ( $n=242$ ) nach Jahreszeiten (Frühling:  $n=88$ , Sommer:  $n=82$ , Herbst:  $n=32$ , Winter:  $n=40$ )

Die Konzentrationsunterschiede in der  $\gamma$ -GT beim Kalb werden anhand der Signifikanzen in Tabelle 19 aufgeführt.

**Tabelle 19:** Darstellung der Signifikanzen hinsichtlich der durchschnittlichen  $\gamma$ -GT-Konzentration (U/l) der Kälber zwischen den Jahreszeiten; Tukey-Hsd:  $p < 0,05$

	<b>Frühling</b>	<b>Sommer</b>	<b>Herbst</b>	<b>Winter</b>
<b>Frühling</b>	*	0,012	0,130	0,755
<b>Sommer</b>		*	0,000	0,455
<b>Herbst</b>			*	0,037
<b>Winter</b>				*

Referenzbereiche  $\gamma$ -GT:

Bei einigen Kälbern wurde vor der 24. Lebensstunde Blut genommen. Diese weisen signifikant geringere  $\gamma$ -GT-Konzentrationen ( $< 100,0$  U/l) auf, als Kälber, die zwischen der 24. und 72. Lebensstunde beprobt wurden. Bei letzteren sind mehr als 90,0% der  $\gamma$ -GT-Werte über einer Konzentration von 100,0 U/l ( $p=0,003$ ; Cramer-V=0,242).

Da die IgG-Gesamtaufnahmen mit den  $\gamma$ -GT-Konzentrationen korrelieren, kann auch bei Verteilung der  $\gamma$ -Glutamyltransferase nach Referenzbereichen bei den Kälbern, die am Euter des Muttertieres saugten ( $n=25$ ), ein signifikant höherer Prozentsatz (28,0%) der Werte mit einer Konzentration von unter 100,0 U/l festgestellt werden. 11,1% der Kälber dagegen, die nicht am Muttertier saugten ( $n=217$ ), wiesen Konzentrationen von weniger als 100,0 U/l auf ( $p=0,016$ ; Cramer-V=0,154).

## 4.2. Kuh

### 4.2.1. Immunglobulin-G im Kolostrum

Tabelle 20 veranschaulicht die Einflussvariablen bezüglich der kolostralen IgG-Konzentrationen der Kühe im unifaktoriellen und multifaktoriellen Vergleich:

**Tabelle 20:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich des IgG-Gehaltes im Kolostrum der Kuh; AoW=Anbindehaltung ohne Weidegang

Abhängige Variable	Betrachtungsweise		Jahreszeit	Haltung	Laktationsanzahl	Alter	Betrieb
<b>IgG-Kolostrum</b>	Unifaktoriell	p r	0,006 0,300-0,800 Herbst↑	<0,001 -0,653 AoW↓	0,027 0,053		
	Multifaktoriell	p r <sup>2</sup>	0,058 0,040			0,048 0,005	<0,001 0,212

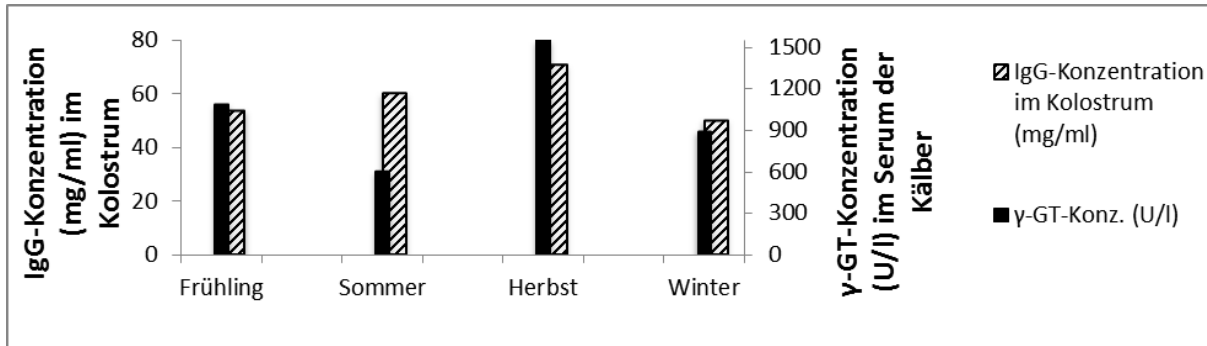
#### 4.2.1.1. IgG-Gehalt im Kolostrum in Abhängigkeit der Jahreszeit

Im jahreszeitlichen Vergleich ist die Kolostrum-IgG-Konzentration im Herbst signifikant höher als im Frühling und im Winter. In Tabelle 21 sind die dazugehörigen Signifikanzen dargestellt.

**Tabelle 21:** Darstellung der Signifikanzen hinsichtlich der durchschnittlichen kolostralen IgG-Konzentration (mg/ml) zwischen den Jahreszeiten; Tukey-Hsd:  $p < 0,05$

	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Frühling	*	0,405	0,013	0,898
Sommer		*	0,234	0,219
Herbst			*	0,008
Winter				*

In Abbildung 16 sind neben der kolostralen IgG-Konzentrationen der Kühe auch die  $\gamma$ -GT-Konzentrationen im Serum der Kälber zu jeder Jahreszeit vergleichend dargestellt:



**Abbildung 16:** Vergleichende Darstellung der durchschnittlichen IgG-Konzentration (mg/ml) im Kolostrum der Kühe ( $n=231$ ) bzw. der  $\gamma$ -GT-Konzentration (U/l) im Serum der Kälber ( $n=242$ ) nach Jahreszeit;

Frühling:  $n=84$  Kolostrumproben;  $n=88$  Kälber ( $\gamma$ -GT)

Sommer:  $n=81$  Kolostrumproben;  $n=82$  Kälber ( $\gamma$ -GT)

Herbst:  $n=29$  Kolostrumproben;  $n=32$  Kälber ( $\gamma$ -GT)

Winter:  $n=37$  Kolostrumproben;  $n=40$  Kälber ( $\gamma$ -GT)

Aus Abbildung 12 geht hervor, dass dem Monat Herbst nach unifaktorieller Betrachtung im Vergleich zu den anderen Jahreszeiten eine Ausnahmestellung zugeschrieben werden kann. Es werden im Herbst signifikant höhere kolostrale IgG-Konzentrationen gemessen, die sich beim Kalb auch in signifikant höheren  $\gamma$ -GT-Konzentrationen auswirken (siehe Abbildung 15, Tabelle 19).

Wird der Einfluss aller Faktoren auf die kolostrale IgG-Konzentration berechnet, so spielt die Jahreszeit keine Rolle mehr.

#### 4.2.1.2. Immunglobulin-G-Konzentration im Kolostrum in Abhängigkeit des Haltungssystems der Kühe

Aus Tabelle 20 geht hervor, dass das Haltungssystem der Kuh einen starken Einfluss auf die IgG-Konzentration im Kolostrum hat. Bei unifaktorieller Betrachtung weisen die Kühe in der Anbindehaltung ohne Weidegang signifikant niedrigere kolostrale IgG-Werte auf als die Kühe aus den anderen Haltungen.

Dieser Einfluss wird multifaktoriell gesehen als nicht signifikant errechnet.

Die mittleren kolostralen IgG-Konzentrationen ( $\pm$ SE) werden nach Haltungssystemen verteilt in Tabelle 22 dargestellt:

**Tabelle 22:** Verteilung der mittleren IgG-Konzentration ( $\pm$ SE) im Kolostrum (mg/ml) nach Haltungssystemen

Haltungssystem	n	Kolostrales IgG (mg/ml)	SE
1) Anbindehaltung ohne Weidegang	58	48,3	2,2
2) Laufstall ohne Weidegang	51	57,2	3,1
3) Anbindehaltung mit Weidegang	62	62,2	3,9
4) Laufstall mit Weidegang	60	62,2	4,0

Mit durchschnittlich 48,3 mg/ml  $\pm$  2,2 (SE) liegen die kolostralen IgG-Werte der Kühe in der Anbindehaltung ohne Weidegang deutlich unter den Mittelwerten der anderen Haltungssysteme.

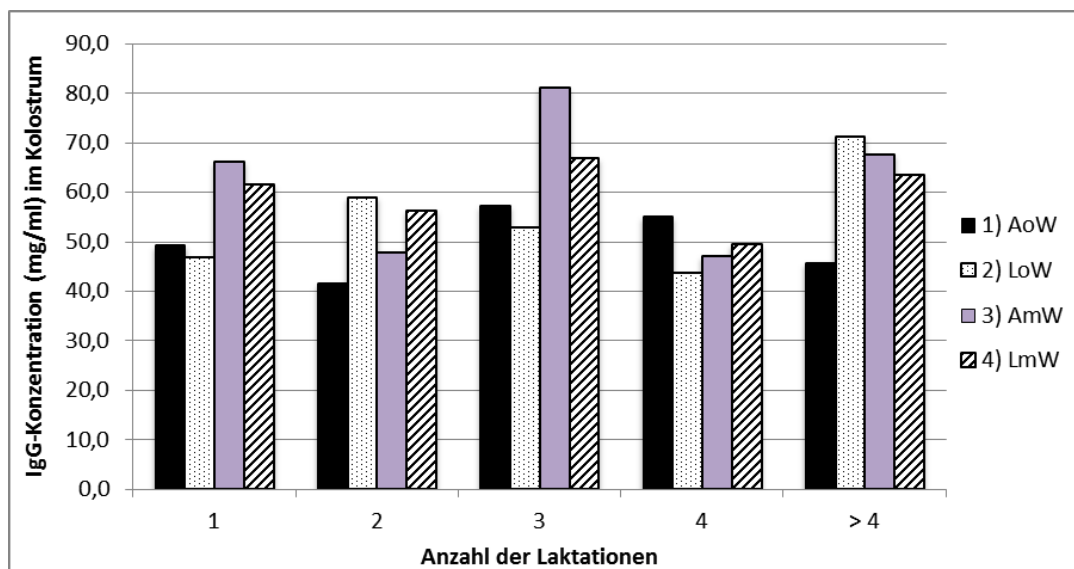
Aber auch das Haltungssystem als Einflussvariable auf die IgG-Konzentration im Erstgemelk hat bei multifaktorieller Betrachtungsweise keine Signifikanz.

#### 4.2.1.3. IgG-Konzentration im Kolostrum in Abhängigkeit der Anzahl der Laktationen und des Lebensalters

Weder bei unifaktorieller noch bei multifaktorieller Betrachtung hat die Laktationsanzahl der Kühe einen Einfluss auf die kolostrale IgG-Konzentration. Es konnte dennoch eine Signifikanz bei unifaktorieller Betrachtungsweise ermittelt werden, die Effektstärke ist allerdings mit  $r=0,053$  zu niedrig und lässt somit keinen Zusammenhang erkennen.

Ebenfalls eine sehr geringe, wenn auch signifikante Einflussvariable auf kolostrale IgG-Konzentrationen stellt das Lebensalter der Kuh dar. Diese wurde bei multifaktorieller Betrachtung errechnet ( $r^2=0,005$ ) und ist im Vergleich zur betriebsspezifischen Komponente mit annähernd 60,0% ( $r^2=0,599$ ) von geringfügiger Bedeutung.

In Abbildung 17 ist für jedes Haltungssystem die mittlere IgG-Konzentration im Kolostrum anschaulich dargestellt und lässt auf keinen deutlichen Trend bezüglich der steigenden Laktationszahl schließen.



**Abbildung 17:** Mittlere IgG-Konzentration (mg/ml) im Kolostrum ( $n=231$  Kolostrumproben) in Abhängigkeit von der Anzahl der Laktationen, unterteilt nach Haltungssystemen:

- 1)AoW=Anbindehaltung ohne Weidegang, 2)LoW=Laufstall ohne Weidegang,  
3)AmW=Anbindehaltung mit Weidegang, 4)LmW=Laufstall mit Weidegang



### Referenzbereiche IgG-Kolostrum:

Nach Tizard (2013) liegen die Immunglobulin-G-Gehalte im Kolostrum zwischen 24,0 und 80,0 mg/ml (siehe Tabelle 1). Von diesem Referenzbereich ausgehend, gibt es signifikante Konzentrationsunterschiede zwischen den vier Haltungssystemen. 90,0% der Kühe aus der ganzjährigen Anbindehaltung sind hinsichtlich ihrer kolostralen IgG-Konzentration innerhalb des Referenzbereiches und nur 6,4% der IgG-Werte liegen oberhalb. Die anderen drei Haltungssysteme haben vergleichsweise höhere Konzentrationen oberhalb des Referenzbereiches (Laufstall mit Weidegang: 17,7%, Laufstall ohne Weidegang: 20,2% und Anbindehaltung mit Weidegang: 23,2%). Dieses Ergebnis ist schwach signifikant ( $p < 0,001$ , Cramer-V=0,178).

Bei Einteilung der Betriebe in biologischer und konventioneller Landwirtschaft ergibt sich ausschließlich bei Betrachtung der kolostralen IgG-Konzentrationen ein signifikanter Zusammenhang. Demnach sind prozentual gesehen mehr konventionelle Betriebe hinsichtlich der IgG-Konzentration im Kolostrum im Referenzbereich (76,1%), wohingegen 62,4% der Kühe aus biologischen im und 25,5% unterhalb des Referenzbereiches verteilt sind ( $p < 0,001$ ; Cramer-V=0,257).

Auch die Mutterschutzimpfung steht mit keinem in dieser Studie gemessenen Blutparametern in einem signifikanten Zusammenhang. Nur bei Betrachtung der IgG-Gehalte im Kolostrum konnte ein Einfluss einer Mutterschutzvakzine festgestellt werden. Bei 82,6% der Kühe, die im Trockenstehen geimpft wurden, befinden sich die kolostralen IgG-Konzentrationen innerhalb des Referenzbereiches und bei 14,6% darüber. Im Vergleich dazu konnten bei nicht geimpften Kühen 72,0% der IgG-Gehalte im Kolostrum innerhalb der Referenzwerte, 17,5% der Werte darüber und 10,5% unterhalb der unteren Referenzgrenze ermittelt werden. Dieser Zusammenhang ist allerdings vernachlässigend schwach signifikant ( $p = 0,006$ ; Cramer-V=0,106).

#### 4.2.2. Immunglobulin-G im Serum (Kuh)

Aus Tabelle 23 gehen Einflussfaktoren auf die IgG-Konzentration im Serum der Kühe hervor. Auch hier wurde der Einfluss eines jeden einzelnen Faktors auf das Immunglobulin-G berechnet (unifaktoriell) sowie die Einflussnahme der einzelnen Faktoren in Kombination (multifaktoriell) auf die abhängige Variable.

**Tabelle 23:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich der IgG-Konzentration im Serum der Kuh; IgG-Kol. = IgG-Kolostrum

Abhängige Variable	Betrachtungsweise		Jahreszeit	Alter	IgG-Kol.	Post partal/ nicht post partal	Betrieb
<b>IgG-Serum Kuh</b>	Unifaktoriell	p d	<0,001 0,400-0,500 Herbst↓	<0,001 0,256	0,001 0,071		
	Multifaktoriell	p r <sup>2</sup>	<0,001 0,048	0,045 0,005		0,364 0,001	<b>0,002</b> <b>0,426</b>

##### 4.2.2.1. IgG-Konzentration in Abhängigkeit des Haltungssystems

Das Haltungssystem nimmt auf die IgG-Konzentration im Serum der Kühe keinen signifikanten Einfluss und wird deshalb in Tabelle 23 auch nicht aufgeführt. Die mittleren IgG-Konzentrationen und Medianwerte unterteilt auf jedes der vier Haltungssysteme können aus der Tabelle 24 entnommen werden.

##### 4.2.2.2. IgG-Konzentration in Abhängigkeit der Jahreszeit

Betrachtet man die Jahreszeit isoliert, so wird ein stark signifikanter Einfluss auf die Serum-IgG-Konzentration der Kühe ersichtlich. Insbesondere im Herbst weisen die Kühe im Median aus jeder Haltungsform signifikant geringere IgG-Konzentrationen auf.

In Kombination aller Faktoren ist der jahreszeitliche Einfluss auf den IgG-Gehalt der Kuh als geringfügig (4,8%), jedoch signifikant einzustufen.

Eine Zusammenfassung aller Werte ist der Tabelle 24 zu entnehmen.

**Tabelle 24:** Verteilung der Kühe (%) und Vergleich der mittleren Serum-IgG-Konzentrationen (mg/ml) sowie der Medianwerte in Abhängigkeit der Jahreszeit und des Haltungssystems

Haltungssystem		Jahreszeit				Gesamt
		Frühling	Sommer	Herbst	Winter	
1) Anbindehaltung ohne Weidegang	Verteilung (%)	19,9	30,7	31,3	18,2	100,0
	Anzahl (n)	35	54	55	32	176
	Mittelwert (mg/ml)	30,6	27,8	28,1	28,3	28,7
	Median (mg/ml)	27,2	25,6	24,8	28,3	
2) Laufstall ohne Weidegang	Verteilung (%)	10,2	27,9	32,7	29,3	100,0
	Anzahl (n)	15	41	48	43	147
	Mittelwert (mg/ml)	26,1	31,8	25,1	35,0	29,5
	Median (mg/ml)	26,0	29,8	22,9	29,7	
3) Anbindehaltung mit Weidegang	Verteilung (%)	29,3	17,0	26,6	27,1	100,0
	Anzahl (n)	55	32	50	51	188
	Mittelwert (mg/ml)	30,3	35,9	25,6	31,4	30,8
	Median (mg/ml)	29,1	30,2	25,4	29,1	
4) Laufstall mit Weidegang	Verteilung (%)	28,7	13,8	27,1	30,4	100,0
	Anzahl (n)	52	25	49	55	181
	Mittelwert (mg/ml)	30,7	34,1	25,1	31,4	30,3
	Median (mg/ml)	25,7	27,2	25,1	30,1	
<b>Gesamt IgG</b>	Verteilung (%)	22,7	22,0	29,2	26,2	100,0
	Anzahl (n)	157	152	202	181	692
	Mittelwert (mg/ml)	29,4	32,4	26,0	31,5	29,8

Eine Einordnung der in Tabelle 24 bestimmten Werte in Toleranzgrenzen für das Serum-IgG der Kuh wird in Tabelle 40 im Anhang dargestellt.

#### 4.2.2.3. IgG-Konzentration in Abhängigkeit der Laktationsanzahl und des Lebensalters

Es besteht kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Anzahl der Kalbungen und der Serum-IgG-Konzentration der Kuh.

Unifaktoriell betrachtet, hat das Lebensalter der Kühe einen schwach signifikanten Einfluss auf den IgG-Gehalt im Serum (Tabelle 23).

Dieser Einfluss ist auch bei multifaktorieller Betrachtung gegeben, auch wenn dieser mit 0,05% im Vergleich zu allen anderen Faktoren als vernachlässigbar betrachtet werden kann.

#### 4.2.2.4. Korrelation zwischen IgG-Konzentration im Serum und im Kolostrum

Es besteht eine signifikante, wenn auch sehr schwache Korrelation zwischen der IgG-Konzentration im Serum und der kolostralen IgG-Konzentration.

Diese Korrelation ist multifaktoriell nicht gegeben (Tabelle 23).

#### 4.2.2.5. IgG-Konzentration post partum

Von jeder Kuh wurde innerhalb 72 Stunden (n=152) bzw. 90 Stunden (n=9) post partum eine Blutprobe genommen und u. a. das Immunglobulin-G im Serum bestimmt. Der Zeitraum nach der Abkalbung beeinflusste die IgG-Konzentration der Kühe nicht signifikant (Tabelle 23).

Im Vergleich zu allen anderen Faktoren, die die Konzentration der Immunglobuline mitbestimmen, ist der post partale Zeitraum als Einflussvariable nur zu 0,01% beteiligt und auch bei multifaktorieller Betrachtung statistisch nicht aussagekräftig. In Tabelle 41 (Tabellarischer Anhang) sind die mittleren post partalen Serum-IgG-Konzentrationen der Kühe sowie die IgG-Konzentrationen im Serum der dazugehörigen Kälber, unterteilt nach Haltungssystem und Betrieb, dargestellt.

Zusammenfassend wird aus Tabelle 23 ersichtlich, dass die ermittelten Serum-IgG-Werte der Kuh stark signifikant **betriebsspezifischen** Einflüssen unterliegen (42,6%).

Die durchschnittlichen IgG-Gehalte der Kühe, gemessen zu jeder Jahreszeit sowie der Kälber in den jeweiligen Betrieben sind u. a. in Tabelle 25 dargestellt.

**Tabelle 25:** Verteilung der mittleren IgG-Konzentrationen (mg/ml) im Serum der Kühe und Kälber nach Haltungssystem und Betrieb sowie Darstellung der Betriebsgröße (n=Anzahl aller Milchkühe), der mittleren Laktationsanzahl (n) und Milchleistung der Kühe (kg/Jahr) für jeden Betrieb;

<sup>1</sup> = Schätzwerte (Angaben der Landwirte); <sup>2</sup> = mittlere IgG-Konzentration der 237 Kühe, die zu jeder Jahreszeit einmalig beprobt wurden; <sup>3</sup> = mittlere IgG-Konzentration der 171 Kälber, die zwischen der 24.-72. (n=162) sowie 72.-90. (n=9) Lebensstunde post natum beprobt wurden;

MW=Mittelwert

AoW=Anbindehaltung ohne Weidegang, LoW=Laufstall ohne Weidegang,

AmW=Anbindehaltung mit Weidegang, LmW=Laufstall mit Weidegang

Haltungs-system	Betriebs-nummer	Betriebs-größe <sup>1</sup> (n)	IgG-Kühe <sup>2</sup> MW (mg/ml)	IgG-Kälber <sup>3</sup> MW (mg/ml)	Laktation MW (n)	Milchleistung MW (kg/Jahr)
1) AoW	1	35	27,05 (n=11)	24,86 (n=7)	2,93	5,558
	2	40	27,72 (n=10)	22,91 (n=8)	3,70	6,062
	3	35	30,33 (n=10)	17,45 (n=8)	2,94	6,479
	4	15	28,30 (n=10)	29,33 (n=4)	1,53	6,280 <sup>1</sup>
	5	30	25,88 (n=11)	27,68 (n=9)	2,13	6,046
	6	30	33,25 (n=10)	20,04 (n=7)	3,10	6,312
2) LoW	7	60	31,08 (n=10)	18,43 (n=8)	3,13	8,835
	8	40	29,02 (n=10)	18,52 (n=7)	3,74	7,070
	9	35	28,42 (n=10)	16,87 (n=8)	3,30	5,296
	10	40	31,34 (n=11)	10,08 (n=6)	5,02	5,180
	11	40	27,93 (n=10)	25,29 (n=7)	3,50	5,585 <sup>1</sup>
3) AmW	12	30	29,49 (n=10)	19,61 (n=5)	3,36	7,002 <sup>1</sup>
	13	30	28,11 (n=10)	17,43 (n=8)	2,89	6,437
	14	30	28,27 (n=11)	33,73 (n=10)	4,37	5,383
	15	30	26,14 (n=11)	20,73 (n=8)	4,14	7,075
	16	35	29,70 (n=11)	20,73 (n=11)	4,24	6,619
	17	30	35,78 (n=10)	24,58 (n=6)	2,50	6,708
4) LmW	18	40	33,42 (n=10)	27,42 (n=7)	3,73	7,386
	19	55	32,26 (n=10)	22,44 (n=10)	2,10	5,402
	20	30	26,11 (n=10)	19,47 (n=6)	3,10	7,205 <sup>1</sup>
	21	12	27,09 (n=10)	23,49 (n=9)	3,00	5,318
	22	40	28,06 (n=11)	15,88 (n=6)	7,43	4,852 <sup>1</sup>
	23	40	35,87 (n=10)	13,17 (n=6)	4,30	5,000 <sup>1</sup>

### Referenzbereiche IgG-Serum:

Für das Serum-IgG der Kuh sind Toleranzgrenzen definiert, deren Unter- oder Überschreitung von mehr als 20,0% der Einzelwerte -wie einleitend bereits erwähnt- Auswirkungen auf die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Kuh zur Folge haben können.

Analog der Mittelwertsberechnungen ist auch bei der Betrachtung der Toleranzgrenzen von IgG (Serum) die Jahreszeit ein entscheidender Einflussfaktor. Im Herbst ist der Anteil der Kühe (75,3%), deren IgG innerhalb der Toleranzgrenzen liegt, deutlich größer als im Frühjahr, Sommer und Winter (55,5%, 53,4% und 54,4%). Dieser Zusammenhang ist statistisch signifikant ( $p < 0,001$ ; Cramer-V=0,156).

Ähnliche Ergebnisse werden im Hinblick auf die IgG-Konzentration vor bzw. nach Weidegang errechnet. Da die Frühlingsproben bei den Kühen, die die Möglichkeit zum Weidegang hatten, identisch mit den Proben vor Weidegang sind und die Herbstproben mit den Proben nach Weidegang gleichgesetzt wurden, ergeben sich folgende prozentuale Verteilungen:

Vor Weidegang lagen die IgG-Konzentrationen bei 54,4% der Kühe im Referenzbereich, wohingegen nach Weidegang die Immunglobulin-G-Werte bei 76,3% der Kühe innerhalb der Toleranzgrenzen gemessen werden konnten. Nach Weidegang bzw. im Herbst gemessene Immunglobuline sind signifikant häufiger im Referenzbereich (innerhalb der Toleranzgrenze) verteilt ( $p < 0,001$ ; Cramer-V=0,319). Dieser Zusammenhang ist stark signifikant.

Im postpartalen Zeitraum sind vergleichsweise mehr Kühe unterhalb der Toleranzgrenze bzw. oberhalb der Toleranzgrenze als Kühe, deren IgG außerhalb der Kalbung gemessen wurde. Der prozentuale Anteil der Kühe, die innerhalb der Toleranzgrenze für IgG liegen, ist im Zeitraum um die Kalbung signifikant geringer ( $p = 0,003$ ; Cramer-V=0,117).

#### 4.2.3. Rotes Blutbild (Erythrogramm, Kuh)

##### 4.2.3.1. Erythrozyten-Konzentration der Kuh

In Tabelle 26 sind Einflussfaktoren aufgezeigt, die isoliert sowie in Kombination betrachtet, den mittleren Erythrozyten-Gehalt der Kühe bestimmen.

**Tabelle 26:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich der Erythrozyten-Konzentration der Kuh; \* = in Kombination, p.p. = post partal, Versch.gr. = Verschmutzungsgrad, Lakt.zahl = Laktationsanzahl

Abhängige Variable	Betrachtungsweise		Post partal/ nicht p.p.	Jahreszeit	Versch.gr. *Betrieb	Alter* Lakt.zahl
<b>Erythrozyten Kuh</b>	Unifaktoriell	p d/r <sup>2</sup>	<0,001 0,400 Post partal↑	0,033 (r <sup>2</sup> ) 0,011		
	Multifaktoriell	p r <sup>2</sup>	<0,001 0,070	0,009 0,016	<0,001 <b>0,103</b>	<0,001 0,030

Innerhalb 72 Stunden nach der Kalbung weist die Kuh signifikant höhere mittlere Erythrozyten-Konzentrationen auf. Dieser Zusammenhang ist mit einer Effektgröße von  $d=0,4$  stark ausgeprägt.

Bezüglich der Jahreszeit gibt es Unterschiede im Erythrozyten-Gehalt, welche aber als geringfügig betrachtet werden können. Im Winter konnten niedrigere Konzentrationen gemessen werden.

Auch bei kombinierter Betrachtung aller Faktoren spielen neben dem Alter und der Anzahl der Kalbungen auch der post partale Zeitraum und die Jahreszeit eine geringfügige Rolle.

Dennoch kommt dem einzelnen Betrieb in Kombination mit dem jeweiligen Verschmutzungsgrad der Tiere als stärksten Einflussfaktor (10,3%) auf die Konzentration der Erythrozyten die größte Bedeutung zu.

#### 4.2.3.2. Hämoglobin-Konzentration und Hämatokrit der Kuh

Die mittlere Hämoglobin-Konzentration sowie durchschnittliche Hämatokrit-Gehalte im Plasma der Kuh sind in den Tabellen 27 und 28 nach unterschiedlichen Betrachtungsweisen verteilt dargestellt.

**Tabelle 27:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich der Hämoglobin-Konzentration der Kuh

Abhängige Variable	Betrachtungsweise		Post partal/ nicht post partal	Jahreszeit
<b>Hämoglobin Kuh</b>	Unifaktoriell	p d	<b>&lt;0,001</b> <b>1,450</b> Post partal↑	<0,001 0,400 - 0,500 Winter↓
	Multifaktoriell	p r <sup>2</sup>	<b>&lt;0,001</b> <b>0,131</b>	

Das Hämoglobin als Baustein der Erythrozyten ist ebenso im *post partalen Zeitraum* deutlich höher konzentriert. Mit einer Effektgröße von  $d=1,5$  ist dieser Zusammenhang sehr stark ausgeprägt und signifikant.

Der Einfluss der *Jahreszeit* auf die mittlere Konzentration des Hämoglobins kann als signifikant und von mittlerer Effektstärke betrachtet werden. Besonders im Winter sind die Hämoglobin-Gehalte der Kuh signifikant niedriger als zu den anderen Jahreszeiten.

Multifaktoriell betrachtet ist der jahreszeitliche Einfluss nicht gegeben. Wird der post partale Zeitraum in Kombination aller anderen Einflussvariablen betrachtet, so ist ebenfalls -wie auch bei isolierter Betrachtung- ein signifikanter Einfluss (13,1%) erkennbar.



**Tabelle 28:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich des Hämatokrit-Gehaltes der Kuh; \* = in Kombination, p.p. = post partal, Versch.gr. = Verschmutzungsgrad

Abhängige Variable	Betrachtungsweise		Post partal/ nicht p.p.	Jahreszeit	Versch.gr. *Betrieb
<b>Hämatokrit Kuh</b>	Unifaktoriell	p d/r <sup>2</sup>	<b>&lt;0,001 (d) 1,400 p.p.↑</b>	<0,001 (r <sup>2</sup> ) 0,032	
	Multifaktoriell	p r <sup>2</sup>	<b>&lt;0,001 0,260</b>	0,004 0,018	0,039 0,062

Analog zur Erythrozyten- und Hämoglobin-Konzentration ist auch der Hämatokrit der Kuh nach der Kalbung (< 90 Stunden post partum) signifikant höher im Vergleich zu den anderen drei Werten der Blutproben, die innerhalb eines Jahres außerhalb des post partalen Zeitraumes gemessen wurden.

Daneben besteht ein schwach signifikanter Zusammenhang zwischen *Jahreszeit* und Hämatokrit-Gehalt (Tabelle 28).

Mit  $r^2=0,260$  (26,0%) ist unter allen betrachteten Faktoren ebenso der post partale Zeitraum der Einflussfaktor, der bezüglich des Hämokrits die größte Bedeutung einnimmt.

Die Jahreszeit (1,8%) und der Verschmutzungsgrad der Kühe im einzelnen Betrieb (6,2%) sind weitere, wenn auch weniger bedeutsame Einflussvariablen (Tabelle 28).

#### Referenzbereiche rotes Blutbild:

Die Verteilung der Hämatokrit-Werte nach Referenzbereichen ist im Hinblick auf *jahreszeitliche* Einflüsse von statistischer Relevanz.

Im Herbst (38,1%) und vor allem im Winter (43,3%) befinden sich prozentual gesehen mehr Kühe unterhalb des Referenzbereiches für Hämatokrit. Generell sind in allen vier Jahreszeiten nur zwischen 50,0% und 60,0% der Tiere innerhalb der Referenzwerte ( $p=0,002$ ; Cramer-V=0,116).

Auch bei Betrachtung der Werte für das Hämoglobin gibt es jahreszeitliche Unterschiede: Hier sind im Frühling und im Herbst über 80,0% der Kühe im Referenzbereich. Im Sommer dagegen sind 15,4% der Hämoglobin-Werte und im Winter sogar 23,0% der Werte unterhalb

des Referenzbereiches. Es besteht mit Cramer-V=0,183 und  $p<0,001$  ein signifikanter Zusammenhang.

Während bei den Mittelwertsberechnungen im *post partalen Zeitraum* signifikant höhere Erythrozyten-, Hämoglobin- und Hämatokrit-Konzentrationen gemessen werden, sind die post partalen Erythrozyten-Werte der Kuh mit 97,8% innerhalb des Referenzbereiches verteilt. Außerhalb des Partus gemessene Erythrozyten-Konzentrationen liegen mit 88,3% im Referenzbereich und 11,5% liegen darunter. Diese Korrelationen sind mit  $p<0,001$  und Cramer-V=0,150 signifikant.

Die Hämoglobin-Werte sind bei Kühen post partum in der Mehrheit (87,8%) innerhalb der Referenzgrenzen, während 10,5% darüber liegen. Bei 79,3% der Kühe außerhalb des Partus waren die Hämoglobin-Konzentrationen im Referenzbereich und bei weiteren 19,5% sogar darunter. Es besteht ein signifikanter Zusammenhang von mittlerer Effektstärke ( $p<0,001$ ; Cramer-V=0,296).

Betrachtet man die Verteilung der Hämatokrit-Werte im post partalen Zeitraum, so wird dieser Zusammenhang noch deutlicher: Innerhalb 72 Stunden ( $n=152$ ) bzw. 90 Stunden ( $n=9$ ) nach der Kalbung sind 89,5% der Kühe im Hinblick auf die Hämatokrit-Konzentrationen innerhalb des Referenzbereiches, im Vergleich zu 53,9% der Werte der Kühe, gemessen außerhalb des Kalbungszeitraumes (44,6% der Kühe mit Werten unterhalb des Referenzbereiches). Dieser deutliche Unterschied in der Verteilung der Werte ist stark signifikant ( $p<0,001$ ; Cramer-V=0,364). Die Kühe, die nicht im Zeitraum um die Geburt beprobt wurden, haben signifikant niedrigere Hämatokrit-Gehalte.

Der Verschmutzungsgrad der Kühe wirkt sich –wenn auch schwach signifikant– auf die Verteilung der Hämatokrit-Werte aus. Bei den Tieren, die nicht verschmutzt waren und den Tieren, die eine hochgradige Verschmutzung aufwiesen, befinden sich die Mehrheit der Hämatokrit-Werte innerhalb des Referenzbereiches (keine Verschmutzung: 68,8%; hochgradige Verschmutzung: 87,5%). Bei gering- und mittelgradig verschmutzten Kühen liegen die Werte mit 55,9% und 59,8% innerhalb des Referenzbereiches und vergleichsweise hohe Prozentsätze der Hämatokritwerte unterhalb des Referenzbereiches ( $p=0,001$ ; Cramer-V=0,111).

Dieser Zusammenhang ist bei Betrachtung der Hämoglobin-Verteilung ähnlich und statistisch signifikant ( $p=0,029$ ), aber von vernachlässigender Effektstärke (Cramer-V=0,087), (siehe Tabelle 38).

#### 4.2.4. Weißes Blutbild (Leukogramm, Kuh)

##### Leukozyten-Konzentration der Kuh

In Tabelle 29 sind die Zusammenhänge zwischen mittleren Leukozyten-Konzentrationen der Kuh und post partaler Zeitraum, Jahreszeit und Betrieb als Einflussvariablen dargestellt.

**Tabelle 29:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich der Leukozyten-Konzentration der Kuh

Abhängige Variable	Betrachtungsweise		Post partal/ nicht post partal	Jahreszeit	Betrieb
<b>Leukozyten Kuh</b>	Unifaktoriell	p d	<0,001 0,370 Post partal↑		
	Multifaktoriell	p r <sup>2</sup>	<0,001 0,043	0,027 0,013	<b>0,001</b> <b>0,493</b>

Mit einer Effektgröße von  $d=0,4$  und einer Signifikanz von  $p<0,001$  besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Leukozyten-Konzentration und dem post partalen Zeitraum. In dieser Zeit sind die mittleren Leukozyten-Gehalte vergleichsweise signifikant höher.

Dieser Zusammenhang ist auch bei multifaktorieller Betrachtung ersichtlich, wenn auch mit 4,3% im Vergleich zu betriebspezifischen Einflüssen (49,3%) von geringfügiger Bedeutung. Auch die Jahreszeit spielt bei kombinierter Betrachtung aller Faktoren eine kleine Rolle hinsichtlich der Leukozyten-Konzentration. Im Winter werden signifikant geringere Leukozyten-Gehalte im Plasma gemessen (Tabelle 39 im Anhang).

##### Referenzbereiche der Leukozyten:

Bei Auswertung der Referenzbereiche für den Leukozyten-Gehalt der Kuh gibt es signifikante Unterschiede bezüglich jahreszeitlicher Einflüsse. Im Herbst liegen prozentual gesehen mehr Kühe im Referenzbereich (77,6%). Vor allem im Winter haben die Kühe niedrigere

Leukozyten-Gehalte und bei 74,7% der Kühe liegen die Leukozyten-Konzentrationen in den Wintermonaten innerhalb des Referenzbereiches ( $p=0,009$ ; Cramer-V=0,105).

Die Kühe aus den Anbindehaltungen unterscheiden sich signifikant ( $p=0,038$ ) hinsichtlich der Einteilung der Leukozyten in Referenzbereiche zu den Tieren aus dem Laufstall mit Weidegang und vor allem zu den Kühen aus dem Laufstall ohne Weidegang. Demnach haben die Kühe aus dem Laufstall ohne Weidegang vermehrt Leukozyten-Konzentrationen, die unterhalb des Referenzbereiches liegen.

Mit Cramer-V=0,085 ist jedoch von keinem aussagekräftigen Zusammenhang zu sprechen.

Ein signifikanter Unterschied ( $p<0,001$ ; Cramer-V=0,180) besteht allerdings bei den Kühen im post partalen Zeitraum. In diesem sind die Leukozyten-Gehalte bei 71,6% der Tiere im Referenzbereich und bei mehr als 15,0% der Tiere oberhalb der Referenzwerte. Im Vergleich dazu haben 75,7% der Kühe außerhalb des Partus Leukozyten-Werte im und weitere 19,5% unterhalb des Referenzbereiches (wohingegen 13,1% der Tiere post partum unterhalb der Referenzgrenzen liegen).

#### 4.2.5. Thrombozyten-Konzentration (Blutplättchen, Kuh)

Tabelle 30 veranschaulicht, von welchen Faktoren die Konzentration der Thrombozyten beeinflusst wird.

**Tabelle 30:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich der Thrombozyten-Konzentration der Kuh

Abhängige Variable	Betrachtungsweise		Jahreszeit	Alter	Betrieb
<b>Thrombozyten Kuh</b>	Unifaktoriell	p d	0,031 0,300 - 0,400 Winter↑		
	Multifaktoriell	p r <sup>2</sup>	<0,001 0,031	0,015 0,007	<b>0,001</b> <b>0,456</b>

Wird jeder Faktor einzeln betrachtet, so nimmt die Jahreszeit, insbesondere der Winter, einen signifikanten Einfluss auf die Höhe der Thrombozyten der Kuh. Analog zum Kalb haben ebenso Kühe signifikant höhere Thrombozyten-Gehalte im Winter.

Diese Feststellung kann auch bei kombinierter Betrachtung mehrerer Faktoren bestätigt werden.

Daneben ist auch das Lebensalter der Kuh von geringfügiger Bedeutung.

In welchen Bereichen die durchschnittlichen Thrombozyten-Konzentrationen der Kuh liegen, wird mit  $r^2=0,456$  am stärksten von spezifischen betriebseigenen Faktoren beeinflusst.

#### Referenzbereiche der Thrombozyten:

Analog zu den Ergebnissen aus der Berechnung der Mittelwerte, ergeben sich auch bei der Betrachtung der Referenzbereiche signifikante jahreszeitliche Unterschiede in der Verteilung der Thrombozyten. Während die Thrombozyten-Konzentrationen im Frühling, Sommer und Herbst bei 94,0% - 96,6% der Kühe innerhalb des Referenzbereiches gemessen wurden, lagen diese im Winter bei 92,2%. Im Winter hatten 6,5% der Tiere erhöhte Thrombozyten-Konzentrationen ( $p<0,001$ ; Cramer-V=0,148).

#### 4.2.6. *Leberenzyme der Kuh*

##### 4.2.6.1. Laktatdehydrogenase-Konzentration (LDH)

Inwiefern die LDH-Konzentration der Kuh beeinflusst wird, gibt Tabelle 31 wieder.

**Tabelle 31:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich der LDH-Konzentration der Kuh

Abhängige Variable	Betrachtungsweise		Jahreszeit	Post partal/ nicht post partal	Betrieb
<b>LDH Kuh</b>	Unifaktoriell	p d	0,002 0,500 Sommer↑	<b>&lt;0,001</b> <b>0,700</b> Post partal↑	
	Multifaktoriell	p r <sup>2</sup>	0,001 0,022	<0,001 0,067	<b>0,018</b> <b>0,336</b>

Bei unifaktorieller Betrachtung besteht zwischen der *Jahreszeit* (Sommer) und dem LDH-Gehalt ein stark signifikanter Zusammenhang. Die Konzentration der Laktatdehydrogenase der Kuh ist im Sommer vergleichsweise höher.

Ein noch stärkerer Zusammenhang kann zwischen dem *post partalen Zeitraum* und der LDH-Konzentration festgestellt werden. Nach der Kalbung haben Kühe stark signifikant höhere LDH-Werte.

Multifaktoriell betrachtet, sind oben genannte Einflussvariablen ebenso signifikant, wenn auch von geringfügiger Bedeutung.

Auch die Konzentration der LDH wird maßgeblich von betriebsspezifischen Faktoren bestimmt (33,6%).

#### Referenzbereiche der LDH:

Im Hinblick auf den Einfluss der *Jahreszeit* werden im Frühling und im Sommer vergleichsweise höhere LDH-Werte gemessen als im Herbst und Winter. Bei letzteren liegen über 90,0% der LDH-Werte innerhalb des Referenzbereiches. Bei 20,5% (Sommer) und 21,6% (Frühling) der Kühe werden Werte oberhalb des Referenzbereiches gemessen ( $p < 0,001$ ; Cramer-V=0,152).

Analog dazu haben 22,4% der Kühe vor *Weidegang* höhere LDH-Werte im Vergleich zu den Werten, die nach *Weidegang* gemessen werden (6,8% der Kühe oberhalb der Referenzwerte).

Die Möglichkeit zum Weidegang hat ebenso einen Einfluss auf die IgG-Konzentration im Serum der Kühe, wie bereits unter Punkt 4.2.2. beschrieben.

Stark signifikant ist hier ebenfalls der Zusammenhang zwischen erhöhten LDH-Werten im post partalen Zeitraum. Post partal werden bei 27,5% der Kühe LDH-Konzentrationen oberhalb des Referenzbereiches gemessen, im Zeitraum außerhalb des Partus sind dies nur 9,2% der Tiere ( $p < 0,001$ ; Cramer-V=0,232).

#### 4.2.6.2. Glutamatdehydrogenase-Konzentration (GLDH)

In den Tabellen 32 und 33 werden Einflussvariablen auf die Konzentration der GLDH sowie  $\gamma$ -GT im Serum der Kuh dargestellt.

**Tabelle 32:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich der GLDH-Konzentration im Serum der Kuh

Abhängige Variable	Betrachtungsweise		Anzahl Laktationen	Post partal/ nicht post partal	Betrieb
<b>GLDH Kuh</b>	Unifaktoriell	p r <sup>2</sup>		<0,001 0,058	
	Multifaktoriell	p r <sup>2</sup>	0,002 0,012	<0,001 0,056	<0,001 <b>0,621</b>

Die in dieser Untersuchung gemessenen GLDH-Werte der Kuh sind -sowohl isoliert als auch kombiniert betrachtet- im *Zeitraum nach der Kalbung* (bis 90 Stunden post partum) vergleichsweise niedriger:

Post partal: MW=12,2 U/l

Nicht post partal: MW=16,0 U/l

Dieser Zusammenhang ist mit  $r^2=0,058$  bei isolierter Betrachtung ( $r^2=0,056$  bei multifaktorieller Betrachtung) und einer Signifikanz von  $p < 0,001$  im Vergleich zur Bedeutung betriebseigener Einflussfaktoren ( $r^2=0,621$ ,  $p < 0,001$  bei multifaktorieller Betrachtung, siehe Abbildungen 18-21) vernachlässigbar.

Daneben konnte festgestellt werden, dass die *Anzahl der Kalbungen* mit  $r^2=0,012$  (multifaktorielle Betrachtung) und  $p=0,002$  einen ebenso geringfügigen Einfluss auf die GLDH-Konzentration nimmt.

#### Referenzbereiche der GLDH:

Zur Verteilung der Glutamatdehydrogenase nach Referenzbereichen konnten keine aussagekräftigen Zusammenhänge festgestellt werden.

#### 4.2.6.3. $\gamma$ -Glutamyltransferase-Konzentration ( $\gamma$ -GT)

**Tabelle 33:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich der  $\gamma$ -GT-Konzentration im Serum der Kuh

Abhängige Variable	Betrachtungsweise		Jahreszeit	Post partal/ nicht post partal	Betrieb
<b><math>\gamma</math>-GT Kuh</b>	Unifaktoriell	p r			
	Multifaktoriell	p $r^2$	0,020 0,014	0,023 0,006	<0,001 0,524

Nur bei Betrachtung aller einzelnen Einflussfaktoren in Kombination über das allgemeine lineare Modell konnten drei Variablen, die die Konzentration der  $\gamma$ -GT mitbestimmen, berechnet werden:

Im *post partalen Zeitraum* wird die  $\gamma$ -GT-Konzentration nur zu 0,06% beeinflusst ( $p=0,023$ ). In diesem Zeitraum liegt die mittlere Konzentration höher als bei den Werten, gemessen außerhalb der Zeit nach der Kalbung (post partal: MW=32,8 U/l; nicht post partal: MW=26,3 U/l).

Im *jahreszeitlichen Vergleich* ist die Konzentration der  $\gamma$ -GT im Sommer signifikant höher als in den anderen drei Jahreszeiten ( $r^2=0,014$ ;  $p=0,020$ ).



Frühling: MW=25,1 U/l

Sommer: MW=31,8 U/l

Herbst: MW=27,0 U/l

Winter: MW=27,6 U/l

Mit  $r^2=0,524$  (52,4%) sind die  $\gamma$ -GT-Gehalte in erster Linie von **betriebseigenen** Faktoren abhängig ( $p<0,001$ ).

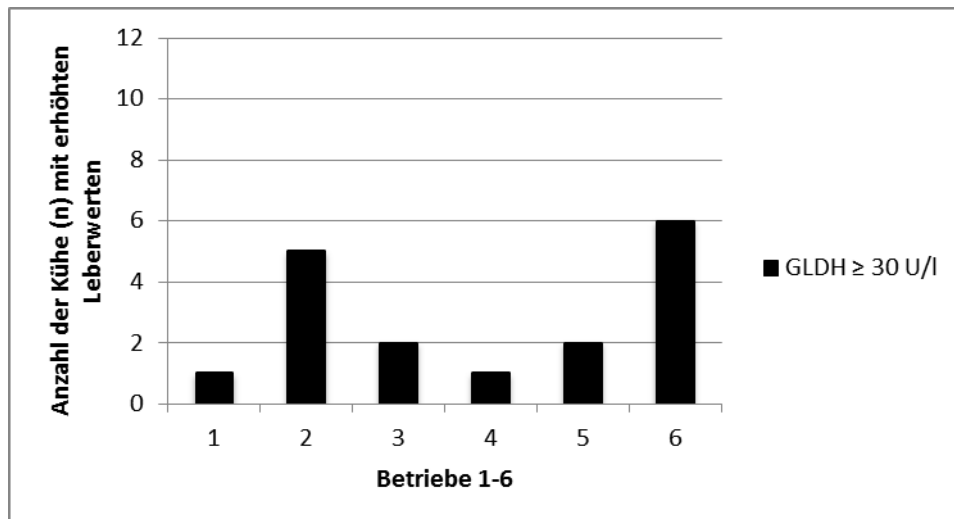
#### Referenzbereiche der $\gamma$ -GT:

In der Haltung Laufstall ohne Weidegang liegen im Vergleich zu den anderen Haltungssystemen geringfügig mehr Tiere oberhalb der Toleranzgrenze der  $\gamma$ -Glutamyltransferase (5,6%). Insgesamt liegen allerdings mindestens 90,0% aller Tiere in den vier Haltungssystemen innerhalb des Toleranzbereiches.

Dieser Zusammenhang ist mit  $p=0,020$  und Cramer-V=0,109 schwach signifikant.

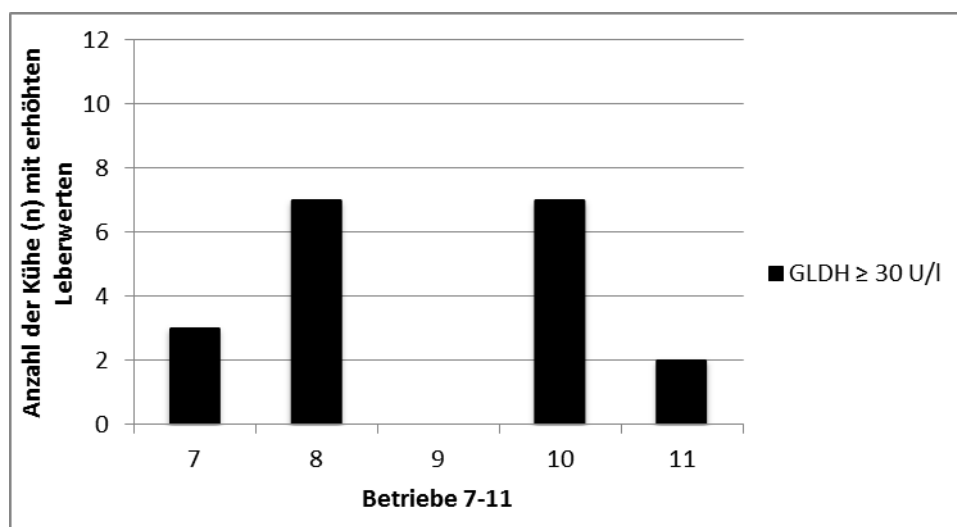
#### 4.2.6.4. Beispiel für den starken Einfluss des Betriebes auf sämtliche Blutparameter

Am Beispiel der Konzentrationen der GLDH im Serum der Kuh soll der starke Zusammenhang zum einzelnen Betrieb in den Abbildungen 18 bis 21 dargestellt werden.



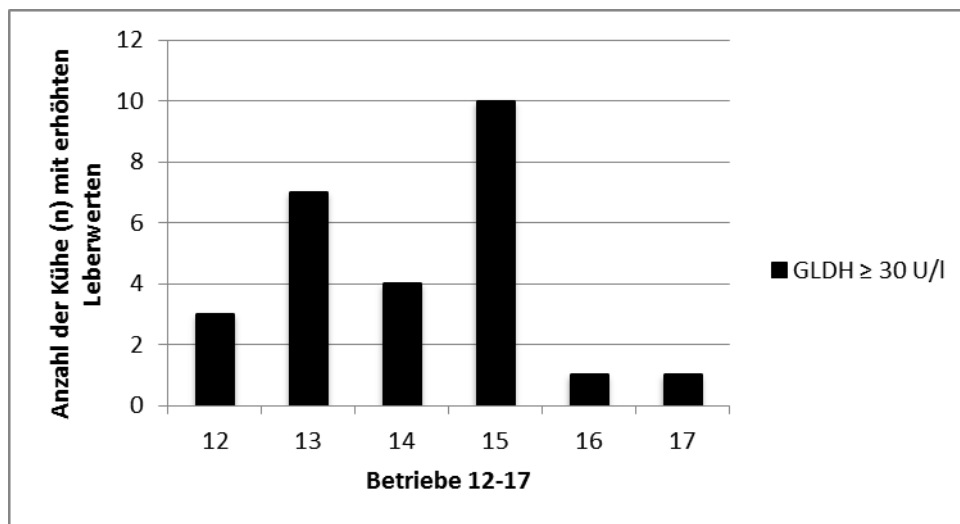
**Abbildung 18:** Verteilung der Kühe (n=17) mit erhöhten GLDH-Konzentrationen ( $\geq 30,0$  U/l) im Serum auf die Betriebe 1-6 aus der Anbindehaltung ohne Weidegang

In Abbildung 18 ist deutlich zu erkennen, dass in jedem Betrieb bei mindestens einer Kuh erhöhte GLDH-Konzentrationen gemessen wurden.



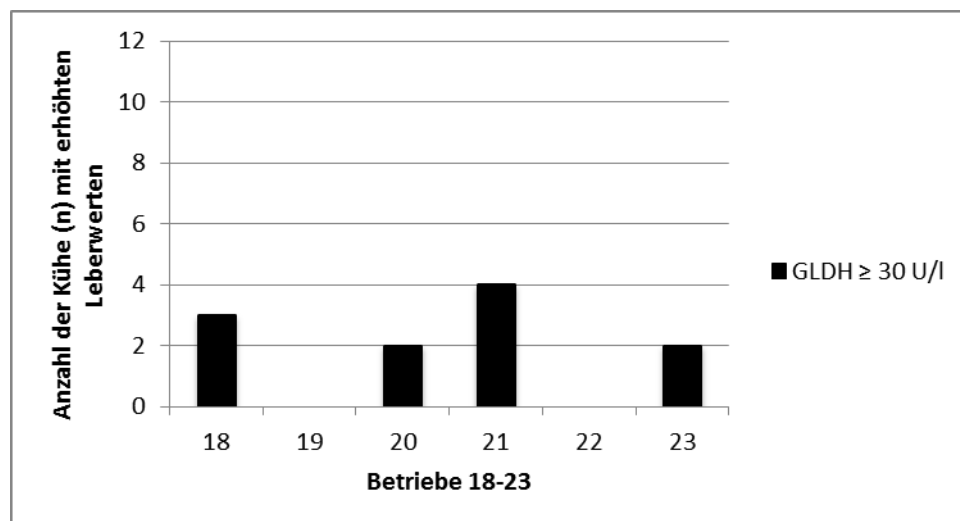
**Abbildung 19:** Verteilung der Kühe (n=19) mit erhöhten GLDH-Konzentrationen ( $\geq 30,0$  U/l) im Serum auf die Betriebe 7-11 aus der Laufstallhaltung ohne Weidegang

Besonders viele Kühe mit erhöhten GLDH-Werten sind in Betrieb 8 und 10 zu finden. In Betrieb 9 konnten keine erhöhten GLDH-Konzentrationen gemessen werden (Abbildung 19).



**Abbildung 20:** Verteilung der Kühe (n=26) mit erhöhten GLDH-Konzentrationen ( $\geq 30,0$  U/l) im Serum auf die Betriebe 12-17 aus der Anbindehaltung mit Weidegang

In Betrieb 15 wurden am häufigsten erhöhte GLDH-Konzentrationen gemessen, während in den anderen fünf Betrieben bei mindestens einer Kuh höhere GLDH-Aktivitäten beobachtet werden konnten (Abbildung 20).



**Abbildung 21:** Verteilung der Kühe (n=11) mit erhöhten GLDH-Konzentrationen ( $\geq 30,0$  U/l) im Serum auf die Betriebe 18-23 aus der Laufstallhaltung mit Weidegang

Aus Abbildung 21 geht hervor, dass außer den Betrieben 19 und 22 mindestens zwei Tiere erhöhte GLDH-Werte aufwiesen.

#### 4.2.7. Ergebnisse zur Bewertung des Gesundheitsstatus der Kühe

##### 4.2.7.1. Körperinnentemperatur der Kuh im post partalen Zeitraum

In Tabelle 34 werden zwei Einflussvariablen auf die Körperinnentemperatur der Kuh aufgeführt.

**Tabelle 34:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich der Körperinnentemperatur der Kuh; \* = in Kombination; ggrd.=geringgradig; mgrd.=mittelgradig

Abhängige Variable	Betrachtungsweise		Post partal/ nicht post partal	Verschmutzungs- grad*Betrieb
<b>Körperinnen- temperatur</b>	Unifaktoriell	p d	<0,001 0,500 Post partal↑	0,418 0,300 ggrd./mgrd.Verschm.
	Multifaktoriell	p r <sup>2</sup>	<0,001 0,044	<b>&lt;0,001</b> <b>0,112</b>

Die rektal gemessene Körperinnentemperatur der Kuh ist bei isolierter Betrachtung im post partalen Zeitraum signifikant höher ( $p < 0,001$ ) als in der Zeit außerhalb des Partus. Dieser Zusammenhang ist mit  $d = 0,500$  von mittlerer Effektstärke. Nach der Kalbung liegt die durchschnittliche Körperinnentemperatur bei  $38,6^{\circ}\text{C}$  und im Zeitraum außerhalb des Partus im Mittel bei  $38,1^{\circ}\text{C}$ .

Aber auch in Kombination aller Faktoren, die einen Einfluss auf die Körpertemperatur haben, besteht mit  $r^2 = 0,044$  (4,4%) ein geringfügiger linearer Zusammenhang zwischen Körpertemperatur und Zeitraum nach der Kalbung.

#### 4.2.7.2. Korrelation zwischen Körperinnentemperatur und Verschmutzungsgrad

Der Zusammenhang, der zwischen Körpertemperatur und Verschmutzungsgrad der Kuh im jeweiligen Betrieb hergestellt werden kann, ist mit vergleichsweise 11,2% multifaktoriell betrachtet, als bedeutender zu beurteilen (Tabelle 34).

Die Kühe, die keine ersichtliche Verschmutzung aufwiesen, ließen die höchste mittlere Körperinnentemperatur messen: 38,25°C. Die geringgradig, mittelgradig sowie hochgradig verschmutzten Kühe zeigten abfallende Körpertemperaturen. Geringgradig verschmutzte Tiere hatten eine Durchschnittstemperatur von 38,22°C, bei mittelgradig verschmutzten Tieren sinkt diese auf 38,18°C und erreicht eine minimale durchschnittliche Temperatur bei hochgradig verschmutzten Tieren (37,23°C). Dieser Unterschied zwischen der rektal gemessenen Körpertemperatur und dem Verschmutzungsgrad der Kühe in Kombination mit dem jeweiligen Betrieb ist statistisch signifikant.

Betrachtet man nur den Einfluss des Verschmutzungsgrades auf die Körperinnentemperatur, so ist dieser Zusammenhang nicht mehr signifikant und mit einer Effektstärke von  $d=0,300$  als schwach zu beurteilen. Dieser Zusammenhang war auch nur für den Temperaturunterschied zwischen gering- und mittelgradiger Verschmutzung von Bedeutung.

#### 4.2.7.3. Korrelation zwischen Verschmutzungsgrad der Kühe und Haltungssystem

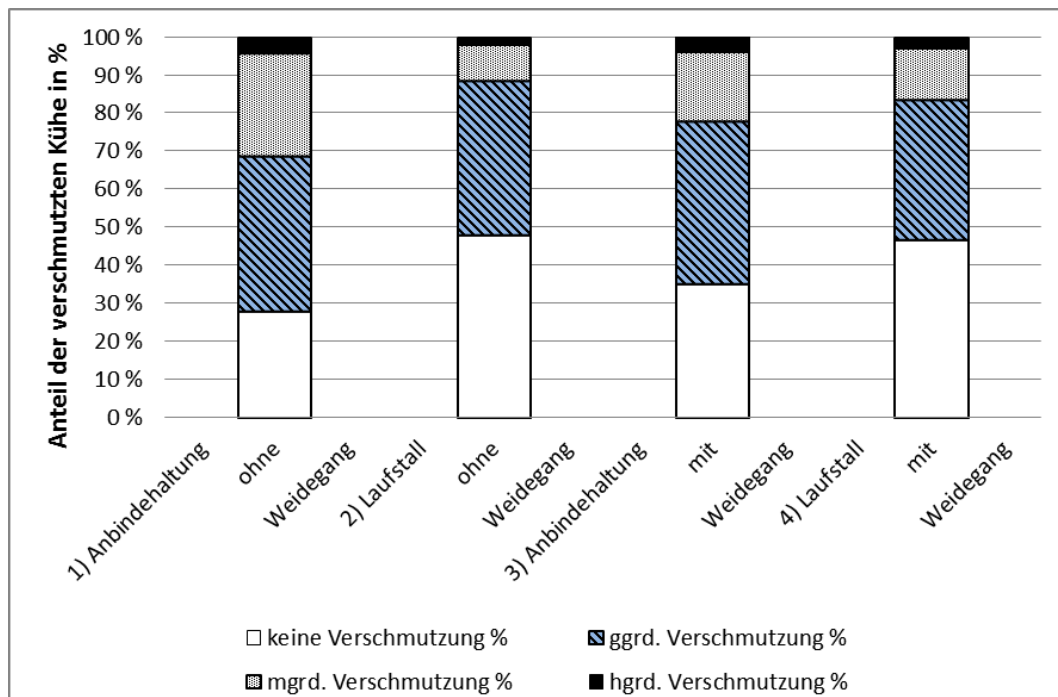
Der Zusammenhang zwischen dem Grad der Verschmutzung der Kühe und ihrer jeweiligen Haltungsform wird in Tabelle 35 wiedergegeben.

**Tabelle 35:** Darstellung des Zusammenhangs zwischen Verschmutzungsgrad und Haltungssystem der Kuh

Abhängige Variable	Betrachtungsweise		Haltung
<b>Verschmutzungs- grad</b>	Unifaktoriell	p r	<0,001 0,158

Aus Tabelle 35 geht hervor, dass ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Verschmutzungsgrad der Kühe und dem Haltungssystem besteht. Mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r=0,158$  ist diese Korrelation allerdings schwach ausgeprägt.

In Abbildung 22 ist die prozentuale Verteilung der Kühe nach dem Grad der Verschmutzung sowie Haltungssystem dargestellt.



**Abbildung 22:** Verteilung der Kühe (%) nach Haltung und Grad der Verschmutzung:  
Keine ersichtliche Verschmutzung ( $n=359$ ), geringgradige (ggrd.,  $n=370$ ), mittelgradige (mgrd.,  $n=164$ ) und hochgradige (hgrd.,  $n=32$ ) Verschmutzung;  
 $n$ =Anzahl der Kühe, deren Verschmutzungsgrad zu jeder Jahreszeit festgehalten wurde

Der Anteil der Kühe, die nicht in der Anbindehaltung untergebracht sind, weist signifikant weniger ersichtliche Verschmutzungen auf, als die Kühe in der Anbindehaltung. Am größten ist der Prozentsatz verschmutzter Kühe in der Anbindehaltung ohne Weidegang (Abbildung 22).

#### 4.2.7.4. Korrelation zwischen Lebensalter der Kuh und Haltungssystem

In Tabelle 36 wird der Zusammenhang zwischen dem Lebensalter der Kuh im jeweiligen Haltungssystem dargestellt.

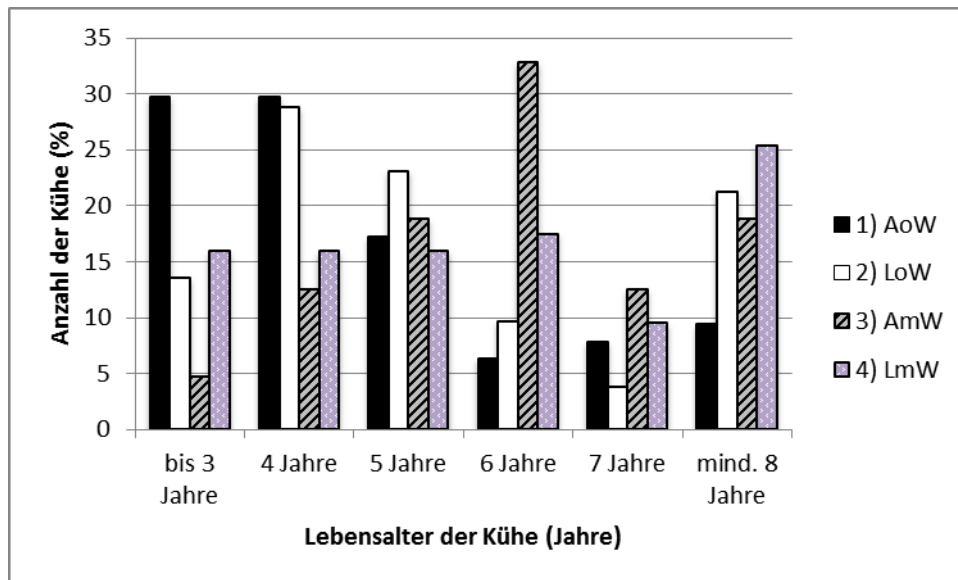
**Tabelle 36:** Korrelation zwischen Lebensalter (Jahre) der Kuh und Haltungssystem; AoW=Anbindehaltung ohne Weidegang

Abhängige Variable	Betrachtungs-weise		Haltung	IgG-Serum	IgG-Kolostrum
<b>Alter Kuh</b>	Unifaktoriell	p d	<0,001 <b>-0,500/- 0,700</b> AoW↓	<0,001 (r) 0,183	<0,001 (r) 0,120

Das Cohen d als Maß für die Stärke eines Effektes mit  $d = -0,5$  (Anbindehaltung ohne Weidegang im Vergleich zu Laufstall ohne Weidegang bzw. Laufstall mit Weidegang) und  $d = -0,7$  (Anbindehaltung ohne Weidegang im Vergleich zur Anbindehaltung mit Weidegang) lässt auf einen signifikanten und mittelstarken ( $d=0,5$ ) bzw. starken ( $d=0,7$ ) Zusammenhang zwischen den Parametern Lebensalter und Haltungssystem schließen. Die Korrelation ist negativ, da die Kühe in der Anbindehaltung ohne Weidegang eine signifikant geringere durchschnittliche Lebenserwartung haben als die Kühe in den anderen drei Haltungssystemen.

Ergänzend sind noch in Tabelle 35 die Korrelationen Alter der Kuh und IgG-Konzentration im Serum bzw. Kolostrum aufgeführt, welche aber mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r < 0,3$  vernachlässigbar sind.

In Abbildung 23 werden diese Ergebnisse veranschaulicht.



**Abbildung 23:** Verteilung der Kühe (%) nach Lebensalter (Jahre) und Haltungssystem:

- 1)AoW=Anbindehaltung ohne Weidegang (n=62),
- 2)LoW=Laufstall ohne Weidegang (n=51),
- 3)AmW=Anbindehaltung mit Weidegang (n=63),
- 4)LmW=Laufstall mit Weidegang (n=61)

In der Anbindehaltung ohne Weidegang sind die meisten Kühe zwischen drei und vier Jahre alt. Wohingegen die Kühe im mittleren Alter (6. Lebensalter) hauptsächlich auf die Anbindehaltung mit Weidegang verteilt sind.

Die Kühe aus dem Laufstall mit Weidegang sind dagegen in jedem Lebensalter gleichmäßig vertreten und haben mit 25,4% vergleichsweise viele Kühe ab dem 8. Lebensalter.

Im Laufstall ohne Weidegang sind die meisten Kühe zwischen 4 und 5 Jahre alt, aber auch einige ältere Kühe (21,2%) mit mehr als 8 Jahren konnten in die Untersuchung einbezogen werden.

#### 4.2.7.5. Tierabgänge in den Haltungssystemen innerhalb des Versuchszeitraumes

In der folgenden Tabelle 37 wird die Anzahl der Kühe je Haltungssystem zu Beginn der Untersuchung und am Ende der Untersuchung verglichen. Damit die ursprüngliche Stichprobenzahl auch noch am Ende des Versuchsjahres möglichst gleichbleibend ist, wurden innerhalb des Jahres „Ersatz-Kühe“ für ausscheidende Kühe zum Projekt hinzugenommen. In den Anbindehaltungen sind dabei die meisten Kühe innerhalb eines Jahres aufgrund der in



Tabelle 37 aufgelisteter Abgangsursachen aus den Betrieben ausgeschieden. Aufgrund der geringen Fallzahlen wurden folgende Ergebnisse nicht in der statistischen Auswertung berücksichtigt.

**Tabelle 37:** Anzahl der Kühe (n) innerhalb des Untersuchungszeitraumes verteilt nach Haltungssystemen sowie Anzahl der Abgänge (verteilt nach Abgangsursachen), Zugänge und Endzahl (n); Fruchtbarkeit

1)AoW=Anbindehaltung ohne Weidegang, 2)LoW=Laufstall ohne Weidegang,

3)AmW=Anbindehaltung mit Weidegang, 4)LmW=Laufstall mit Weidegang

Haltungssystem	Ausgangszahl (n)	Abgänge (n)					Zugänge (n)	Endzahl (n)
		Euter	Klauen	Fruchtbarkeit/Totgeburt	Festliegen	Lebensalter		
AoW	58	3	4	2			6	55
				<b>Gesamt</b>				
				<b>9</b>				
LoW	51	2	1		1		1	48
				<b>Gesamt</b>				
				<b>4</b>				
AmW	62	3	2	2		1	2	56
				<b>Gesamt</b>				
				<b>8</b>				
LmW	61	2	1	2	1		2	57
				<b>Gesamt</b>				
				<b>6</b>				

## 5. DISKUSSION

---

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Mittelwertsberechnungen aller Labordaten sowie die prozentuale Verteilung der Blutwerte nach Referenzbereichen, die aus der Literatur übernommen wurden, diskutiert. Daneben werden eigene Referenzbereiche aufgeführt, die in der vorliegenden Studie mit Hilfe des Computerprogrammes MedCalc® ermittelt wurden und nur für die in dieser Studie beprobten Kühe und neugeborenen Kälber der Rasse Deutsches Fleckvieh gelten (siehe Punkt 3.8.).

### 5.1. Kalb

#### 5.1.1. *IgG-Konzentration im Serum*

Bei 162 der insgesamt 242 beprobten Kälber wurde die Blutprobe von der 24. bis 72. Lebensstunde genommen. Bei 71 Kälber fand die Beprobung vor der 24. Lebensstunde und bei 9 Kälber nach der 72. Stunde post natum statt, jedoch nicht später als 90 Stunden post natum. Nach Einteilung der IgG-Konzentrationen innerhalb und außerhalb der Toleranzgrenzen für IgG beim Kalb [(Fürl, 2014), Definition der Toleranzgrenzen unter Punkt 3.8.], erwies sich der Zeitraum zur Blutentnahme zwischen der 24. und 72. Stunde post natum dahingehend als günstig, da sich in dieser Zeit die Immunglobuline der meisten Kälber innerhalb oder oberhalb der Toleranzgrenzen befanden. Die IgG-Konzentrationen der Kälber, bei denen vor der 24. Lebensstunde Blut genommen wurde, befanden sich zu 35,2% unterhalb der Toleranzgrenze. Bei den Kälbern, die nach der 72. Lebensstunde beprobt wurden, waren 55,6% der Immunglobuline unterhalb der Toleranzgrenze (siehe auch Abbildung 2). Deshalb und um die in dieser Untersuchung ermittelten Ergebnisse besser mit denen anderer Studien vergleichen zu können, wurden für die weiteren Berechnungen zum Serum-Immunglobulin-G beim Kalb nur die Werte miteinbezogen, die von Blutprobenentnahmen ab der 24. Lebensstunde ermittelt werden konnten. Aufgrund der geringen Fallzahl wurden neun Kälber, bei denen eine Beprobung erst ab der 72. Lebensstunde (jedoch nicht später als 90 Stunden post natum) möglich war, ebenso in die Auswertung miteinbezogen.

In den 23 Betrieben, aufgeteilt auf vier verschiedene Haltungssysteme (siehe Tabellen 2 und 25), konnten unterschiedliche mittlere IgG-Konzentrationen ermittelt werden. In der Anbindehaltung ohne Weidegang und Anbindehaltung mit Weidegang hatten die Kälber eine

durchschnittliche IgG-Konzentration von 23,3 mg/ml. Im Laufstall ohne Weidegang konnte ein Mittelwert von 18,0 mg/ml ermittelt werden und bei den Kälbern aus dem Laufstall mit Weidegang eine mittlere IgG-Konzentration von 20,9 mg/ml. Nach Verteilung auf die von Fürll (2014) angegebenen Toleranzgrenzen für IgG beim Kalb/Jungrind (12,6 – 17,8 mg/ml), befinden sich 32,1% (Laufstall ohne Weidegang) bzw. 34,4% (Laufstall mit Weidegang) der Kälber unterhalb des unteren Toleranzwertes, der bei 12,6 mg/ml liegt. In den Anbindehaltungen liegen vergleichsweise mehr Kälber oberhalb der oberen Toleranzgrenze von 17,8 mg/ml. Es bleibt allerdings ungeklärt, ob diese Toleranzgrenzen auf die Immunglobuline neugeborener Kälber übertragen werden können, da nach der Definition der Toleranzgrenzen die Kälber aus den Laufstallhaltungen aufgrund der hier ermittelten Verteilung der Serum-IgG-Konzentrationen einer Gesundheitsgefährdung ausgesetzt sein könnten, da sich mehr als 20% der IgG-Werte unterhalb des unteren Toleranzgrenzwertes befinden. Einige Autoren jedoch, wie Erhard et al. (1999b), ermittelten in ihren Untersuchungen deutlich niedrigere mittlere IgG-Konzentrationen beim neugeborenen Kalb (IgG1: 9,3 mg/ml; IgG2: 0,8 mg/ml; 24-48 h p.n.). Auch bei einem durchschnittlichen IgG-Gehalt von 18,0 mg/ml der Kälber aus dem Laufstall ohne Weidegang, ist größtenteils von einer ausreichenden kolostralen IgG-Versorgung auszugehen, da Erhard und Heyn (2003) in ihren Untersuchungen die Möglichkeit einer gesunden Entwicklung des Kalbes bei einem IgG-Gehalt von mindestens 8,0 mg/ml im Serum bestätigen konnten. Berchtold et al. (1990) dagegen, gehen von einer Mindestkonzentration von 16,0 mg/ml an Serum-IgG bei den Kälbern aus, die sie erreichen müssen, sofern eine rechtzeitige Kolostrum-Versorgung erfolgte.

Von großem Interesse ist aber, den Anteil der Kälber zu bestimmen, der nur unzureichend mit kolostralem IgG versorgt wurde. Eine unzureichende Kolostrumversorgung äußert sich in einer Serum-IgG-Konzentration von unter 10,0 mg/ml zwischen der 36. und 48. Stunde post natum (Gay, 1983; Besser et al., 1991). Kaske et al. (2003) unterteilen den Failure of passive transfer (=FPT) noch weiter und sprechen bei Konzentrationen von 5-10 mg/ml im Serum von einem partiellem FPT (pFPT). Trotz einer mittleren IgG-Konzentration von 18,0 mg/ml der Kälber aus dem Laufstall ohne Weidegang, konnte in dieser Haltungsform nur bei vier Kälbern ein partieller und/oder absoluter FPT nachgewiesen werden. Dagegen waren sechs Kälber aus der Anbindehaltung ohne Weidegang, weitere sechs Kälber aus der Anbindehaltung mit Weidegang und sieben Kälber aus dem Laufstall mit Weidegang mit kolostralem IgG unterversorgt (Tabelle 8). Im Falle der Anbindehaltung mit Weidegang und Laufstall mit bzw. ohne Weidegang liegt diese Unterversorgung teils daran, dass in diesen

Haltungen einige Kälber gewollt (Betrieb 15 und 22) und teils ungewollt (Betriebe 9, 10, 13, 16 und 23 bei Kalbung auf der Weide oder im Stall) selbstständig von der Kuh die erste Kolostralmilch aufnahmen. Es konnten niedrigere mittlere -wenn auch nicht signifikante- IgG-Konzentrationen bei den Kälbern gemessen werden, die das Erstkolostrum vom Euter der Kuh aufnahmen (MW: 18,2 mg/ml, n=25) im Vergleich zu den Kälbern, die von Hand getränkt wurden (MW: 22,0 mg/ml; n=217, p=0,085). Dazu gibt es in der Literatur zahlreiche kontroverse Untersuchungsergebnisse und Auffassungen: Besser et al. (1991) untersuchten verschiedene Tränketechiken und kamen zu dem Ergebnis, dass 61% der Kälber, die vom Euter der Kuh das erste Mal Kolostrum aufnahmen, 19% der mittels Eimer getränkten und 10% der Kälber, denen mittels Schlundsonde das Kolostrum verabreicht wurde, eine unzureichende kolostrale IgG-Konzentration aufwiesen (=FPT). Dagegen konnte Heyn (2002) bei Kälbern aus der Mutterkuhhaltung und Kälbern, welche mittels Schlundsonde gefüttert wurden, im Mittel annähernd gleiche IgG-Gehalte nachweisen. In einer weiteren Studie von Rauch et al. (2015), konnte unabhängig von der Verabreichungsform des Erstkolostrums (Eimer, Drenchen oder Flasche), im Median bei allen Kälbern eine ausreichende Versorgung mit Immunglobulin-G aufgezeigt werden. Ferner konnte Lipp (2005) in ihren Untersuchungen feststellen, dass 80% der neugeborenen Kälber, die innerhalb der ersten 48 Lebensstunden beim Muttertier saugen konnten, eine durchschnittliche Serum-IgG-Konzentration von mindestens 8,0 mg/ml aufwiesen.

Diese teils unterschiedlichen IgG-Konzentrationen zwischen den Haltungssystemen sind vermutlich auf verschiedene Praktiken im Kolostrummanagement der einzelnen Betriebe zurückzuführen (Tabelle 25). Bei mehr als 80% der Kälberverluste können betriebsspezifische Managementprobleme als deren Hauptursache verantwortlich gemacht werden (Rademacher, 2013). Diese Erkenntnis wird auch in der vorliegenden Studie bei multifaktorieller Betrachtung aller einbezogener Einflussfaktoren deutlich, da sämtliche betriebsspezifischen Einflüsse am stärksten die Höhe der IgG-Titer des Kalbes bestimmen ( $r^2=0,195$ , siehe Tabelle 6).

Weder die Kolostrummenge noch der Zeitpunkt der Kolostrumfütterung (siehe Abbildung 11), haben in dieser Untersuchung einen Einfluss auf die IgG-Konzentration beim neugeborenen Kalb. Während in der Literatur mehrere Untersuchungen (Kühne et al., 2000; Weaver et al., 2000; Rauch et al., 2015) einen positiven Zusammenhang zwischen großer Kolostrummenge und erhöhtem passivem IgG-Transfer ergaben, ist dieser hier nicht gegeben. Als Beispiel für einen positiven Zusammenhang konnten Heyn (2002) und McMorran (2006) in ihren Untersuchungen zeigen, dass bei einer Kolostrummenge von bis zu

3,8 l bzw. mindestens 3,0 l, eine schwach positive, signifikante Korrelation mit der Serum-IgG-Konzentration besteht. Auch nach Osaka et al. (2014) kann bei einer verabreichten Kolostrummenge von mindestens drei Litern ein FPT beim neugeborenen Kalb vermieden werden. Andere Autoren konnten einen Zusammenhang zwischen Kolostrummenge und IgG-Konzentration im Serum der Kälber nicht bestätigen (Hopkins und Quigley, 1997; Schlecht, 2001).

Der Zeitpunkt der Kolostrumfütterung nimmt auf die Höhe der mittleren IgG-Konzentrationen ebenso keinen Einfluss, was auch in der Studie von Todd und Whyte (1995) bestätigt wird. In dieser konnten keine Änderungen der Absorptionseffizienz von kolostralem IgG in den ersten 8, 12 bzw. 24 Stunden post natum festgestellt werden, danach aber nahm die Absorptionsrate deutlich ab. In den Untersuchungen von Heyn (2002) und Schlecht (2001) ergab der Zeitpunkt der ersten Kolostrummahlzeit ebenso keinen Zusammenhang mit der Serum-IgG-Konzentration der Kälber. Morin et al. (1997) konnten demgegenüber bei Kälbern, die innerhalb der ersten 12 Lebensstunden mit Kolostrum gefüttert wurden, doppelt so hohe IgG-Konzentrationen im Serum messen. Sie verglichen die Werte mit den Konzentrationen von Kälbern, die zwischen der 12. und 24. Stunde post natum zum ersten Mal getränkt wurden. Werden die in dieser Untersuchung ermittelten Immunglobuline nach dem Zeitpunkt der ersten Kolostrummahlzeit in Toleranzgrenzen unterteilt, so befinden sich prozentual gesehen häufiger die Kälber innerhalb und/oder oberhalb der Toleranzgrenzen (83,3%), die zwischen der zweiten und vierten Lebensstunde post natum getränkt wurden (Tabelle 38).

Weiterhin konnte das Geschlecht als Einflussfaktor auf die IgG-Konzentration nachgewiesen werden. Männliche Kälber haben signifikant niedrigere mittlere Serum-IgG-Konzentrationen als weibliche Kälber. Zu ähnlichen Ergebnissen kam Roy (1990), der analog dazu höhere Konzentrationen bei weiblichen Kälbern ermitteln konnte. Dies könnte daraufhin zurückzuführen sein, dass männliche Kälber in der Regel ein höheres Körpergewicht und größeres Blutvolumen als weibliche Kälber haben. Die gewöhnlich etwas größeren Bullenkälber bedingen nicht selten einen schwierigeren Geburtsverlauf und eine Beeinträchtigung in der IgG-Absorption. Lipp (2005) konnte ebenso höhere IgG-Gehalte bei weiblichen Kälbern feststellen, welche aber zufällig signifikant früher ihre erste Kolostrummahlzeit erhielten als die männlichen Kälber und deshalb wohl nach Meinung der Autorin höhere Titer erreichten. Den Einfluss des Geschlechtes auf die Serum-IgG-Konzentration konnten Filteau et al. (2003) und Reinicke (2006) in ihren Untersuchungen jedoch nicht bestätigen. In der Studie von McMorran (2006) hatten weibliche Kälber eine um

1,4 mg/ml höhere mittlere IgG-Konzentration als männliche Kälber. Dieser Unterschied war allerdings statistisch nicht signifikant. In weiteren Studien konnten Rauch et al. (2015) tendenziell höhere IgG-Konzentrationen unter den weiblichen Kälbern feststellen. Aber auch in dieser Studie war dieser Zusammenhang nicht signifikant.

In Bezug auf die Serum-IgG-Konzentration der Kälber, deren Muttertiere mit einer Mutterschutzvakzine geimpft wurden, konnte weder in dieser Untersuchung, noch in der Literatur (McMorran, 2006) ein Zusammenhang hergestellt werden. Allerdings könnte dieses Ergebnis darauf zurückzuführen sein, da die über eine Mutterschutzimpfung gebildeten, spezifischen Antikörper gegen Rota- und Coronaviren, in dieser Untersuchung nicht einzeln ermittelt werden konnten.

Die Serum-IgG-Konzentrationen der Kälber wurden in vorliegender Studie nicht von der Jahreszeit, in der sie geboren wurden, beeinflusst (Abbildung 3). Konträre Untersuchungsergebnisse aus weiteren Literaturstudien (McMorran, 2006) konnten jedoch jahreszeitliche Einflüsse bestätigen (siehe Punkt 5.1.2.).

Die in der vorliegenden Untersuchung berechnete obere Referenzgrenze für das Immunglobulin-G im Serum der Kälber liegt bei 46,3 mg/ml (Tabelle 43). Da eine untere Referenzgrenze bei einer IgG-Konzentration von unter 10,0 mg/ml nicht akzeptabel und hinweisend für eine mangelhafte IgG-Resorption ist (Bovine Alliance on Management and Nutrition, 2005), wurde nur ein oberer Wert angegeben. Es ist anzunehmen, dass eine IgG-Konzentration oberhalb der oberen Referenzgrenze (46,3 mg/ml) eine unphysiologisch hohe Konzentration des Blutes an Proteinen bedeuten würde. Dieser hier ermittelte Bereich gilt für die in diese Studie miteinbezogene, klinisch unauffällige Kälberpopulation (neugeboren, Deutsches Fleckvieh), aus unterschiedlichen Haltungen stammend und zu verschiedenen Jahreszeiten geboren (n=171, siehe Punkt 3.8.). Es bleibt in dieser Untersuchung ungeklärt, ob die Kälber, die eine IgG-Konzentration unter 10,0 mg/ml aufwiesen, auch tatsächlich anfälliger für sämtliche Kälberkrankheiten waren, da die Entwicklung ihres Gesundheits- und Immunstatus in den folgenden Tagen und Wochen nicht verfolgt wurde. Ebenso zu beachten ist die Tatsache, dass die eigens ermittelten Referenzgrenzen -sowie alle anderen in dieser Studie errechneten Referenzbereiche- für die in diese Studie einbezogenen, definierten Probandengruppen gelten. Ein Laborwert über bzw. unter der oberen bzw. unteren Referenzbereichsgrenze kann nicht zwingend als „krankhaft“ bezeichnet werden, sondern ist zunächst als erhöht bzw. erniedrigt anzusehen (Kraft, 2005). Laut Weaver et al. (2000) sind niedrige Serum-IgG-Konzentrationen beim Kalb keine Garantie für eine Erkrankung, sofern eine hygienisch saubere Umgebung gewährleistet wird und das Kalb keinem stark virulentem

Keimmilieu ausgesetzt ist. Insgesamt konnte anhand der Auswertungen zum Serum-IgG beim Kalb festgestellt werden, dass die während dieser Studie geborenen Kälber sehr gut mit kolostralem Immunglobulin-G versorgt waren. So wurden bei 148 Kälber (86,5%) der insgesamt 171 Kälber, von denen ab der 24. Lebensstunde Blut genommen wurde und die in die statistische Auswertung miteinbezogen wurden, eine IgG-Konzentration von mindestens 10,0 mg/ml nachgewiesen. Ursache dafür könnten die überwiegend kleineren Betriebe sein, die im ländlichen Bereich häufig anzutreffen sind. Meist handelt es sich bei den 23 teilnehmenden Betrieben um kleinere Familienbetriebe, die durchschnittlich zwischen 30 und 40 Kühe besitzen (Tabelle 25). Diese Betriebe können eine individuelle Betreuung der Kälber und Kühe meist noch gewährleisten.

#### *5.1.2. IgG-Gesamtaufnahme*

Mittels der durch ELISA bestimmten kolostralen IgG-Konzentration und der tatsächlich aufgenommenen Kolostrummenge (l) durch das Kalb, konnte die gesamte Menge an Immunglobulin-G in Gramm (g) aus dem aufgenommenen Erstgemelk für die Kälber berechnet werden. Dies gilt für jene Kälber, bei denen das aufgenommene Kolostrumvolumen durch den Landwirt angegeben werden konnte. Bei 25 Kälbern waren Aussagen über die Menge des aufgenommenen Erstkolostrums nicht möglich, da diese die Möglichkeit hatten, ihre erste Kolostrummahlzeit vom Euter der Kuh aufzunehmen. Tabelle 9 stellt die Verteilung der Kälber auf die jeweilige Haltungsform sowie die mittlere gesamt aufgenommene IgG-Menge (g) aus dem Kolostrum (n=217) dar.

Während die Mehrheit der Kälber (n=196) einzeln in Holzboxen oder Iglus gehalten wurden, waren sieben Kälber mit anderen Kälbern in einer Gruppenhaltung im Laufstall untergebracht. Weitere 14 Kälber wurden mittels Halsriemen an Ketten oder Stricken angebunden. Die ermittelte gesamt aufgenommene Menge an kolostralem IgG (g) durch die Kälber unterscheidet sich nicht signifikant zwischen den Kälbern, die in einer Holzbox bzw. im Iglu gehalten wurden (MW: 99,3 g, n=196), angebunden wurden (MW: 110,1 g, n=14), oder in einer Laufstallgruppe mit mehreren Kälbern frei laufen konnten (MW: 128,4 g, n=7). An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass eine Anbindehaltung der Kälber natürlich nicht tolerierbar ist und gegen das Tierschutzgesetz verstößt, leider aber immer noch beobachtet werden kann.

Letztendlich wird deutlich, dass die bei multifaktorieller Betrachtung ermittelte, betriebsspezifische Einflussvariable ( $r^2=0,259$ ) vermutlich diejenige Komponente ist, die am stärksten die Kalb-individuelle Gesamtaufnahme von kolostralem IgG bestimmt.

Zwillingskälber werden in der Regel mit einem geringeren Körpergewicht als „Nicht-Zwillingskälber“ geboren und können somit nur kleine Kolostrummengen aufnehmen. Dies könnte die Ursache für geringere durchschnittliche IgG-Gesamtaufnahmen von Zwillingen sein, wie auch vorliegende Ergebnisse vermuten lassen (Zwillinge,  $n=24$ , MW: 78,3 g; „Nicht-Zwillinge“,  $n=193$ , MW: 103,5 g).

In der vorliegenden Studie konnte außerdem aufgezeigt werden, dass die durchschnittlichen Gesamtaufnahmen an kolostralem IgG (g) im Herbst deutlich höher waren (MW: 123,8 g), als im Frühling (MW: 102,3 g) und besonders im Vergleich zu den IgG-Gesamtaufnahmen im Winter (MW: 80,6 g). Im Sommer konnte ein Mittelwert von 103,6 g gemessen werden. Dies mag vermutlich daran liegen, dass auch die mittleren IgG-Konzentrationen im Kolostrum in der Jahreszeit Herbst höher lagen als in den anderen drei Jahreszeiten (siehe Punkt 5.2.1.). Außerdem konnte festgestellt werden, dass die Kälber in den Herbstmonaten früher ihre erste Kolostrummahlzeit erhielten, als in den anderen Jahreszeiten. Im Herbst sollte der größte Teil der Ernte eingefahren sein, weshalb sich eventuell das Betreuungspersonal mehr Zeit für die Kälber nehmen konnte. McMorran (2006) konnte in ihren Untersuchungen ebenso einen jahreszeitlichen Einfluss beobachten. Ihre Ergebnisse wurden allerdings in Bezug auf die Serum-IgG-Konzentration ermittelt, die in der vorliegenden Studie keinen Zusammenhang zur Jahreszeit erkennen ließ. Da aber eine schwach positive und signifikante Korrelation zwischen IgG-Gesamtaufnahme und IgG-Konzentration im Serum besteht (Abbildung 12), können die Ergebnisse zum Vergleich herangezogen werden. Die Autorin berichtet von höheren medianen Serum-IgG-Konzentrationen in den warmen Jahreszeiten, wie Frühling und Sommer, im Vergleich zu den kalten Jahreszeiten (Herbst und Winter). Dabei beruft sie sich auf die unterschiedliche Futterqualität und ein breiteres Futterangebot in der warmen Jahreszeit (zusätzliches Angebot an Gras und Heu) versus Silage und Kraftfutter im Herbst und Winter. Dieser zeitliche Wechsel im Futterangebot kann nach Meinung der Autorin, die sich auf Untersuchungen von Burton et al. (1984) sowie Hough et al. (1990) stützt, die Kolostrumqualität und somit letztendlich auch die Immunglobulin-Absorption beeinflussen. In der vorliegenden Studie können Parallelen dazu gefunden werden, wenn man bedenkt, dass die hier gemessenen aus dem Kolostrum gesamt aufgenommenen IgG-Mengen am größten im Herbst und im Sommer waren. Die Blutproben im Sommer wurden in den Monaten Juni bis



August 2013 und die Herbstproben von September bis teils Anfang November 2013 (nach Ende der Weidesaison, da in dieser Zeit noch angenehme und für Weidegang geeignete klimatische Verhältnisse herrschten) genommen. Folglich können in dieser Studie die Jahreszeiten Sommer und Herbst als jene mit wärmeren Umgebungstemperaturen betrachtet werden, im Vergleich zu den Temperaturen der Monate im Winter (Mitte November 2013-Februar 2014) und im Frühling (März 2013-Mai 2013).

Einen Anstieg im Verlauf der IgG-Konzentrationen (48 Stunden post natum) im Serum von 123 weiblichen Kälbern, ausgehend von den geringsten Konzentrationen im Winter über Frühling und Sommer bis zu maximalen Konzentrationen der Immunglobuline im Herbst (IgG), konnten Gay et al. (1983) in ihren Untersuchungen feststellen. Ebenso verzeichneten die Autoren bei 12,5% der Kälber einen FPT, die in den Monaten Juni bis Oktober geboren wurden, während ein prozentualer Anstieg auf 46,5% der in den Monaten November bis Mai geborenen Kälber mit einem FPT festgestellt werden konnte. Diese Ergebnisse zur Serum-IgG-Konzentration sind mit den in dieser Untersuchung ermittelten IgG-Gesamtaufnahmen hinsichtlich jahreszeitlicher Unterschiede aufgrund einer signifikanten Korrelation zwischen den beiden Parametern vergleichbar.

Während –wie bereits erwähnt- die Kolostrummenge auf die Serum-IgG-Konzentration in dieser Untersuchung keinen signifikanten Einfluss hat (siehe Punkt 5.1.1.), korrelieren Kolostrummenge und IgG-Gesamtaufnahme stark positiv miteinander (siehe Punkt 4.1.3.3.).

Die in dieser Untersuchung gemessenen  $\gamma$ -GT-Konzentrationen als weitere labordiagnostisch relevante Indikatoren für die Kolostrumversorgung beim Kalb (Fürl, 2014; Neumann, 2014), korrelieren in ihrer Gesamtheit stark signifikant mit den Serum-IgG-Konzentrationen und den IgG-Gesamtaufnahmen des Kalbes (Abbildung 14 bzw. Tabelle 18, Ausführlicheres zur  $\gamma$ -GT unter Punkt 5.1.4.).

Weiterhin konnte ein stark signifikanter Zusammenhang zwischen dem Zeitpunkt der ersten Kolostrumfütterung und der Gesamtmenge an Immunglobulin-G hergestellt werden, die die Kälber aus dem Kolostrum aufnehmen. Demnach wurden größere IgG-Mengen (g) von den Kälbern aufgenommen, die erstmalig ab der vierten Lebensstunde mit Kolostrum getränkt wurden. Dies könnte daran liegen, dass manche Kälber direkt nach der Geburt (bis zur zweiten bzw. vierten Lebensstunde post natum) noch nicht vital genug aufgrund z. B. verschleimter Atemwege oder Unterkühlung sind und folglich keine großen Kolostrumvolumina aufnehmen können. Zumindest wird dies von einigen Landwirten berichtet, die ihren Kälbern nicht unmittelbar nach der Geburt Kolostrum anbieten, sondern einige wenige Stunden warten. Zu beachten ist aber, dass das Erstkolostrum innerhalb der

ersten sechs Stunden verabreicht werden muss, um eine erfolgreiche IgG-Resorption zu gewährleisten (Tizard, 2013).

#### *5.1.3. Rotes und weißes Blutbild, Thrombozyten*

Bei Auswertung der Parameter des Blutbildes konnten einige Einflussfaktoren ermittelt werden, die teilweise bei mehreren Blutparametern gleichzeitig einen gewissen Einfluss nehmen. Es gibt jahreszeitliche Unterschiede hinsichtlich einiger gemessener Parameter und auch bei Zwillingskälbern gibt es abweichende Ergebnisse im Vergleich zu „Nicht-Zwillingen“. Das Geschlecht spielt bei den Werten der Kälber ebenso eine gewisse Rolle wie auch der Zeitpunkt der Blutentnahme bzw. das fortschreitende Lebensalter.

Im Folgenden wird auf jene Ergebnisse eingegangen, die einen deutlich signifikanten Effekt erkennen ließen.

#### *Jahreszeit*

Bei den Kälbern, die im Sommer geboren wurden, konnten höhere mittlere Hämoglobin-Konzentrationen gemessen werden. Dilov et al. (1981) konnten ähnliche Ergebnisse aufzeigen. Die in den wärmeren Sommer- und Herbstmonaten geborenen Kälber wiesen höhere durchschnittliche Erythrozyten-, Hämoglobin- und Hämatokrit-Gehalte auf.

Höhere Hämoglobin-Gehalte im Sommer könnten durch eine mögliche Dehydratation an warmen Sommertagen verursacht werden. Da angenommen wird, dass sich die angebotene Kolostrummenge im Sommer nicht von der Menge in den anderen Jahreszeiten unterscheidet, könnte dieses Laborergebnis Folge eines Flüssigkeitsverlustes durch Schwitzen und/oder ungenügender Flüssigkeitsaufnahme bei hohen Umgebungstemperaturen sein.

Da über das gesamte Versuchsjahr verteilt Kälber geboren wurden, konnten die mittleren Konzentrationen der Blutplättchen im jahreszeitlichen Vergleich betrachtet werden. Dabei wurden bei den im Winter geborenen Kälbern signifikant höhere mittlere Thrombozyten-Gehalte im Plasma gemessen, als bei den Kälbern, die im Frühling geboren wurden.

Die erhöhten Thrombozyten-Gehalte bei den im Winter geborenen Kälbern können in dieser Untersuchung und auch in der Literatur nicht vollends geklärt werden. Da aber dieses Phänomen auch bei den adulten Kühen beobachtet werden konnte, ist es nicht gänzlich von der Hand zu weisen. Egli und Blum (1998) führten eine Untersuchung an Saugkälbern durch,

die von Dezember bis Mai hauptsächlich in den Wintermonaten durchgeführt wurde. Zur Bewertung der Thrombozyten-Gehalte der Kälber fiel auch den Autoren auf, dass die Konzentrationen ab der ersten Lebenswoche enorm hoch waren und den Referenzbereich für Thrombozyten, der damals im Jahr 1997 mit den Werten von heute (Mischke, 2014) identisch geblieben ist, sogar überschritten. In der Humanmedizin wurde die jahreszeitliche Abhängigkeit von Thrombozyten untersucht. Dabei konnten die Autoren einen Anstieg der Konzentration der Blutplättchen im Herbst mit einem Maximum in den Wintermonaten Dezember bis Februar beobachten. Nach Meinung der Autoren ist es demnach möglich, dass kalte Temperaturen diese Unterschiede beeinflussen, da eine bereits geringe Kühlung der Oberflächentemperatur ebenso eine Steigerung des Zellvolumens und des mittleren Thrombozytenvolumens (MPV) zur Folge hat. Für Menschen besteht demnach ein erhöhtes Risiko in den Wintermonaten, mit kardiovaskulären Krankheiten konfrontiert zu werden (Gallerani et al., 2013). In einer weiteren Studie, die den Effekt niedrigerer Temperaturen auf die Thrombozyten von Ratten untersuchte, konnte ebenso festgestellt werden, dass die Sensitivität der Blutplättchen für Prostaglandin I<sub>2</sub> (PGI<sub>2</sub>) mit sinkender Temperatur abnimmt. PGI<sub>2</sub> hemmt u.a. die Thrombozytenaggregation. Deshalb führen niedrige Temperaturen möglicherweise zu einer Hyperaggregabilität der Thrombozyten (Jeremy et al., 1988). Nach Hawkey et al. (1990) ist zum Nachweis und Verlauf bakterieller Infektionen beim Rind nicht unbedingt die Konzentrationsmessung der neutrophilen Granulozyten sinnvoll, sondern vielmehr die Bestimmung der Thrombozyten-Gehalte. Demnach stufen die Autoren den diagnostischen Wert der Blutplättchen als Indikatoren von klinischen Abnormalitäten beim Rind höher ein, als dieser von neutrophilen Granulozyten bisher stets angenommen wurde. Insofern könnten erhöhte Thrombozyten-Konzentrationen im Winter hinweisend auf die von anderen Autoren (Gallerani et al., 2013) ebenfalls angenommene steigende Krankheitsinzidenz in dieser Jahreszeit sein. So konnte Hockenbeck (1980) feststellen, dass die Anzahl an Durchfall erkrankter Kälber im Winter höher ist als in den anderen Jahreszeiten.

Generell konnte durch die Berechnung eigener Referenzbereiche für die an der Studie beteiligten neugeborenen Kälber und Kühe (Deutsches Fleckvieh) festgestellt werden, dass diese Kälber einen deutlich höheren oberen Thrombozyten-Grenzwert aufweisen als die Kühe (siehe Tabellen 43 und 44).

### *Zwillinge*

Zwillingskälber unterscheiden sich hinsichtlich einiger Parameter signifikant von den Werten der „Nicht-Zwillingen“. Bei den Mittelwertsberechnungen und/oder auch bei der Verteilung der ermittelten Blutwerte nach Referenzbereichen, haben Zwillingskälber signifikant niedrigere Erythrozyten- und Hämoglobin-Konzentrationen. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen ebenfalls einige Autoren. So konnten Dilov et al. (1981) unter Zwillingskälbern vergleichsweise häufiger eine Anämie verzeichnen. Kume und Tanabe (1994) befassten sich in ihrer Studie eindringlich mit veränderten Blutparametern unter Zwillingskälbern und kamen zu gleichen Ergebnissen.

Ob nun der besondere Plazentatyp des Rindes mit anastomosierenden Nabelgefäßen bei ungeborenen Zwillingskälbern eine Rolle bei der Verteilung der Blutvolumina spielt, konnte nicht vollends geklärt werden.

### *Geschlecht*

Das Geschlecht der Kälber hat nach Meinung von Dilov et al. (1981) keinen Einfluss auf die Parameter des roten Blutbildes. Bei den in der vorliegenden Untersuchung ermittelten Hämoglobin-Werten lagen die Konzentrationen der männlichen Kälber signifikant häufiger oberhalb des Referenzbereiches.

Dieses Ergebnis kann in der Studie von Bünger et al. (1980) nicht bestätigt werden. Demnach hatten 50% der an der Studie beteiligten männlichen Kälber anämische Blutergebnisse. Die Autoren führen dieses Ergebnis auf ein höheres Körpergewicht und größere tägliche Gewichtszunahmen bei Bullenkälbern zurück. Eine weitere Studie untersuchte die Blutparameter von Kälbern, bei deren Geburt Hilfestellung geleistet wurde. Diese durch menschliches Eingreifen entbundenen Kälber hatten niedrigere Werte im roten Blutbild, respektive der Kälber, die ohne Geburtshilfe geboren wurden (Egli und Blum, 1998). Dieses Ergebnis wäre insofern von Relevanz bezüglich des Einflusses des Geschlechtes, da männliche Kälber regelmäßig größer sind als weibliche Kälber und tendenziell häufiger eine Schweregeburt bedingen, bei der nicht selten geburtshilfliches Eingreifen erforderlich ist.

### *Zeitpunkt der Blutentnahme*

Sowohl die Hämoglobin- als auch die Leukozyten-Konzentrationen sind vor der 24. Lebensstunde deutlich häufiger oberhalb des Referenzbereiches und kommen mit jeder weiteren Lebensstunde immer öfter innerhalb des Referenzbereiches zu liegen. Diese altersabhängigen Konzentrationsverläufe wurden eindringlich u. a. in der Studie von Egli und

Blum (1998) und Brun-Hansen et al. (2006) sowie Knowles et al. (2000) beschrieben. Teilweise werden von den Autoren getrennte Referenzbereiche für neugeborene Kälber und adulte Rinder gefordert, da die gemessenen initialen Werte (Erythrozyten, Hämoglobin, Hämatokrit, Thrombozyten, etc.) neugeborener Kälber deutlich höher lagen und sich erst nach gewisser Zeit denen der adulten Tiere annäherten. Walser (1990) spricht von einem typischen Verlauf der anfangs hohen Blutwerte bei sämtlichen neugeborenen Säugetieren. Diese während der ersten Lebensstage allmählich sinkenden Konzentrationen im roten Blutbild werden durch eine verminderte Erythropoese im Knochenmark verursacht sowie eines gesteigerten Blutvolumens in Folge einer größeren Körpermassenzunahme post natum. Moritz et al. (2014) sprechen jedoch von einer initial niedrigeren Erythrozyten- und Hämoglobin-Konzentration bei Neonaten und Jungtieren im Vergleich zu den adulten Konzentrationen. Sie berufen sich auf eine verstärkte Erythropoese mit zunehmendem Lebensalter der Tiere, gehen jedoch nicht genauer auf einzelne Tierarten ein. Bei den in dieser Studie ermittelten Hämoglobin-Konzentrationen beim bis zu drei Tage alten Kalb (n=242 Kälber), können anfangs Konzentrationen oberhalb des Referenzbereiches für adulte Tiere gemessen werden, die mit jeder weiteren Lebensstunde allmählich sich den Werten innerhalb des Referenzbereiches nähern. Nach Moritz et al. (2014) müssten die Werte von Neugeborenen, die deren Alter entsprechend zu bewerten wären, deutlich unterhalb des Referenzbereiches für adulte Tiere liegen. Diese Meinung kann nach den hier ausgewerteten Untersuchungsergebnissen für die in dieser Studie beprobten, neugeborenen Kälber (Deutsches Fleckvieh) nicht geteilt werden. Tabelle 43 gibt die in der vorliegenden Untersuchung ermittelten Referenzbereiche sämtlicher Blutparameter für Kälber wieder. Aus dieser geht unter anderem hervor, dass der obere Wert des Referenzbereiches für Erythrozyten, Hämoglobin und Hämatokrit beim Kalb teilweise deutlich höher liegt als bei den Referenzbereichen adulter Kühe aus den in dieser Studie berechneten Blutwerten (Tabelle 44) sowie den Referenzbereichen aus der Literatur (Tabellen 42, 43, 44). Aus einer aktuellen Studie von Haser und Füll (2015) gehen Referenzbereiche sowie Medianwerte für den Hämatokrit hervor, die von den Blutwerten 33 weiblicher Kälber (Holstein Friesian), die vom 1. Lebenstag bis zum 18. Monat post natum zu unterschiedlichen Zeitpunkten beprobt wurden, ermittelt werden konnten. Der Referenzbereich liegt demnach beim neugeborenen Kalb (1 Tag post natum) zwischen 0,33-0,42 l/l (Median: 0,38 l/l) und erfährt bis zum letzten Messzeitpunkt (18. Lebensmonat post natum, Median: 0,34 l/l) eine weitgehend stete Konzentrationsabnahme. Die Autoren begründen dieses Ergebnis mit dem post natal einsetzenden Abbau des fetalen Hämoglobins. Ihr ermittelter Referenzbereich ist auf höhere

Referenzgrenzen angesetzt, als diese in der Literatur für adulte Tiere angegeben sind und bei 0,28 l/l (untere Referenzgrenze) und 0,38 l/l (obere Referenzgrenze) liegen. Der eigens ermittelte Referenzbereich für Hämatokrit (0,20-0,50 l/l) von 242 neugeborenen Fleckvieh-Kälbern konnte ebenfalls auf eine deutlich höhere obere Referenzgrenze angesetzt werden. Somit kann u. a. anhand der Ergebnisse der vorliegenden Studie aufgezeigt werden, dass die hier beprobten neugeborenen Kälber (Fleckvieh) deutlich höhere Werte im roten Blutbild aufweisen als erwachsene Tiere.

Dies gilt auch für die mittleren Leukozyten-Konzentrationen der Kälber. Die neugeborenen Fleckvieh-Kälber weisen deutlich höhere mittlere Leukozyten-Gehalte auf im Vergleich zu den Werten adulter Tiere. Auch der Referenzbereich für Leukozyten ( $3,8-20,0 \times 10^9/l$ ) beim Kalb, der auf den Werten der während des Untersuchungszeitraumes geborenen Kälbern beruht, liegt mit einem oberen Wert von  $20,0 \times 10^9/l$  deutlich höher als in der Literatur angegeben ( $4,0-12,0 \times 10^9/l$ , Tabelle 42).

#### *Kalb nimmt Erstkolostrum bei Kuh auf*

Mit einer Effektstärke von Cramer-V=0,163 (Hämoglobin) bzw. 0,167 (Leukozyten) konnte ein Zusammenhang zur erhöhten Hämoglobin- bzw. Leukozyten-Konzentration bei Kälbern, die das Erstkolostrum vom Euter der Kuh aufnahmen (n=25), hergestellt werden. Dieser ist aber als extrem schwach zu bewerten.

Im Falle des erhöhten Leukozyten-Gehaltes der Kälber, die am Euter der Kuh ihre erste Kolostrummahlzeit aufnahmen, könnte ein stärkerer Antigenkontakt mit nachfolgender Aktivierung der unspezifischen Abwehr (inklusive Leukozytenmigration) eine Ursache für gesteigerte Konzentrationen darstellen. Wenn man aber bedenkt, dass auch die Saugflaschen oder Nippel der Tränkeeimer in nicht allen Betrieben hygienisch einwandfrei sauber gehalten werden, ist diese Theorie unter Zurückhaltung in Erwägung zu ziehen.

Dass Saugkälber im Vergleich zu Mastkälbern, die nicht beim Muttertier saugen konnten, neben einer erhöhten Herzfrequenz ebenso höhere Hämatokrit-, Erythrozyten- und Eisenkonzentrationen sowie Hämoglobin-Gehalte aufweisen, konnten Egli und Blum (1998) aufzeigen. Demgegenüber gab es hinsichtlich der Leukozyten-Gehalte keine signifikanten Unterschiede zwischen Saugkalb und Mastkalb. In den Untersuchungen von Steinhardt und Thielscher (2004) wurde u. a. der unterschiedlich hohe Hämoglobin-Gehalt von Saugkälbern sowie mutterlos aufgezogenen Kälbern auf unterschiedliche Aktivitäts- und Ruhezeiten sowie unterschiedliche rhythmische Änderungen derselben und der Herzfrequenz zurückgeführt. Diese Unterschiede würden nach Meinung der Autoren von Erregbarkeit, physischer Fitness

und Ausdauer der Tiere beeinflusst werden. Signifikant geringere Hämoglobin-Konzentrationen und Sauerstoffgehalte des Blutes lassen auf eine Sauerstoffextraktion in den Geweben der Kälber schließen. Das sympathische Nervensystem wird durch hypoxische Zustände aktiviert, welche z. B. durch eine erhöhte Erregbarkeit oder einem stärkeren Erregungsgrad der Kälber verursacht werden können, und lässt höhere Noradrenalin-Konzentrationen messen. Grant et al. (1997) überwachten in ihren Untersuchungen die hämatologischen Parameter von fünf Lämmern während der Fütterungszeit. Das Füttern junger Lämmer verändert signifikant kardio-respiratorische Funktionen. Insgesamt konnten sie eine Reduktion der körpereigenen Sauerstoffspeicher sowie eine Zunahme des gesamten Sauerstoffverbrauchs- und extraktion in den Geweben während der Saugperioden beobachten. Dies zusammengefasst könnte das Neugeborene für eine rasch einsetzende Zyanose während der Fütterung prädisponieren.

Saugkälber können im Gegensatz zu Kälbern, die oftmals nur zweimal am Tag Milch via Saugflasche oder Eimer erhalten, mehrmals täglich das Euter der Mutterkuh aufsuchen und über den Tag verteilt kleinere Volumina zu sich nehmen, ohne möglichen Aufregungs- oder Stresszuständen ausgesetzt zu sein. Demnach könnten sie weniger häufig hypoxischen Zuständen ausgeliefert sein und folglich höhere Herzfrequenzen, höher konzentrierte hämatologische Parameter und eine bessere Sauerstoffversorgung erreichen. Oxidativer Stress führt zu einer gesteigerten Bildung von freien Sauerstoffradikalen, die wiederum potentiell fähig sind, durch Reaktion mit Membranlipiden, Nukleinsäuren und Proteinen deren Integrität zu schädigen (Menn, 2006). Entzündungsreaktionen und tumoröse Entartungen können mögliche Folgewirkungen einer Hypoxie sein. Zu ähnlichen Erkenntnissen kam Lipp (2005) in ihrer Untersuchung zu Kälbern, die beim Muttertier belassen wurden.

#### 5.1.4. Leberenzyme

##### *GLDH*

In Bezug auf die Ergebnisse der Glutamatdehydrogenase (GLDH) konnten Unterschiede im *Geburtsverlauf* festgestellt werden. Je schwerer die Geburt, desto höhere GLDH-Werte im Serum wurden gemessen. Bei sämtlichen Kälberkrankheiten konnte bisher eine Aktivitätssteigerung der GLDH nachgewiesen werden. So konnte Reinhardt (1977) bei an Asphyxie, Intoxikationen, Durchfall oder Leberdystrophie leidenden Kälbern erhöhte Konzentrationen messen. Keinen Zusammenhang aber konnte der Autor zum Geburtsverlauf

oder zum *Geschlecht* der Kälber herstellen. In der vorliegenden Studie aber wiesen männliche Kälber signifikant höhere mittlere GLDH-Konzentrationen auf als weibliche Kälber.

Nach erfolgter *Kolostrumaufnahme* nehmen die GLDH-Konzentrationen physiologischerweise ebenfalls zu (Reinhardt, 1977; Frerking et al., 1983; Schulte-Langforth, 1990).

Pöhler (2004) empfiehlt in ihrer Studie für die GLDH beim Kalb neue Referenzbereiche einzuführen, die sie selbst aus einer Stichprobe von 150 gesunden Kälbern ermittelte (bis 117,95 U/l, 95% Perzentile). Denn die in ihrer Untersuchung ausgewerteten GLDH-Konzentrationen lagen deutlich über den bisher angegebenen Werten. In einer aktuellen Studie wurde ein Referenzbereich für dieses Enzym (GLDH) u. a. beim neugeborenen Kalb (1 Tag post natum, n=33 weibliche Holstein Friesian Kälber) aufgestellt (Haser und Fürll, 2015). Die Autoren konnten ein Referenzintervall zwischen 7,5-16,3 U/l bzw. einen Medianwert von 8,6 U/l ermitteln. Der anfangs niedrige Medianwert stieg bis zum 1. Lebensmonat post natum bereits auf 75,2 U/l, nahm dann allerdings bis zum Ende der Studie (18. Lebensmonat) wieder ab (Median: 10,0 U/l). Dennoch konnten in der vorliegenden eigenen Studie bzw. teilweise in der Literatur (Pöhler, 2004) obere Referenzgrenzen für neugeborene Kälber ermittelt werden, die deutlich höher liegen (101,4 U/l bzw. 117,95 U/l).

Lack (2006) untersuchte ebenso die Aktivität der GLDH bei Kälbern, um eine eventuell pathologisch bedingte Konzentrationssteigerung der  $\gamma$ -GT auszuschließen oder abzugrenzen. Sie konnte für das Gesamtkollektiv keinen statistischen Zusammenhang zwischen der GLDH und der  $\gamma$ -Glutamyltransferase herstellen und konnte somit eine Beeinflussung der  $\gamma$ -GT-Aktivität durch einen erhöhten Leberstoffwechsel ausschließen.

### *LDH*

Bezüglich der Laktatdehydrogenase (LDH) konnten bei *Zwillingskälbern* (MW: 650,8 IU/l) signifikant niedrigere Konzentrationen als bei „Nicht-Zwillingen“ (MW: 876,3 IU/l) ermittelt werden. Es ist bekannt, dass die LDH kein leberspezifisches Enzym ist, sondern bei Störungen im Organismus unbekannter Lokalisation in erhöhten Aktivitäten vorkommt (Fürll, 2014). Das Enzym Laktatdehydrogenase ist u. a. auch in den roten Blutzellen zu finden. Da Zwillingskälber signifikant niedrigere Erythrozyten- und Hämoglobin-Konzentrationen aufweisen (siehe Punkt 4.1.4.1. bzw. 4.1.4.2.), kann davon ausgegangen werden, dass folglich auch die u. a. in den roten Blutzellen lokalisierte LDH signifikant niedriger bei Zwillingskälbern konzentriert ist.

Ein Anstieg der mittleren LDH-Konzentration konnte bei den Kälbern, die zu einem späteren *Zeitpunkt Kolostrum* erhielten (ab der 4. Stunde post natum), beobachtet werden. Da in der



vorliegenden Studie die LDH-Konzentration der Kälber stark signifikant mit den Werten der GLDH korreliert, ist anzunehmen, dass auch die LDH mit jeder weiteren Lebensstunde des Kalbes, steigt. Eine altersabhängige Konzentrationssteigerung der LDH konnten auch Egli und Blum (1998) in ihren Untersuchungen bestätigen.

Aus welchem Grund aber prozentual gesehen mehr Kälber innerhalb des Referenzbereiches liegen, je später sie ihre erste Kolostrummahlzeit erhalten, konnte nicht geklärt werden. In einer Studie von Kurz und Willett (1991) wurden ähnliche Konzentrationsverhältnisse der LDH beobachtet. In der Gruppe von Kälbern, die erst ab der 12. Stunde post natum getränkt wurden, konnte eine stete Zunahme von LDH bis zur 24. Lebensstunde ohne nachfolgende Konzentrationsabnahme beobachtet werden, während der LDH-Gehalt der Kälber, die ab der ersten Stunde post natum Kolostrum erhielten, ab der 24. Stunde p. n. wieder abnahm. Eine Reduktion der LDH-Konzentration ab der 24. Lebensstunde wurde demnach bei den Kälbern beobachtet, die sehr früh ihre Kolostrummahlzeit erhielten.

#### *$\gamma$ -GT*

Wie bereits unter Punkt 5.1.2 beschrieben, steht die  $\gamma$ -GT-Konzentration in ihrer Gesamtheit in einem sehr starken, positiven Zusammenhang mit der Serum-IgG-Konzentration und der IgG-Gesamtaufnahme der Kälber. Werden jedoch bei einzelnen Kälbern die Konzentrationen der  $\gamma$ -Glutamyltransferase mit IgG-Konzentrationen  $< 10,0$  mg/ml ( $n=23$ ) im Serum verglichen, so wird deutlich, dass nur 35% der  $\gamma$ -GT-Konzentrationen auf eine unzureichende kolostrale IgG-Versorgung hinweisen. Diese 35% beziehen sich auf die Kälber 244, 322, 323, 360, 430, 465, 466 sowie 469 (letztere drei Kälber konnten beim Muttertier saugen), die ebenso niedrige IgG-Konzentrationen im Serum aufweisen ( $< 10,0$  mg/ml). Die restlichen 15 Kälber (65,0%) hatten ausreichend hohe  $\gamma$ -GT-Gehalte ( $> 100,0$  U/l), obwohl bei diesen gleichzeitig Serum-IgG-Konzentrationen ermittelt werden konnten, die auf einen absoluten ( $\leq 5,0$  mg/ml) bzw. partiellen FPT hinweisen ( $< 10,0$  mg/ml). Aus diesen Gründen und basierend auf eigenen Untersuchungsergebnissen kann die Meinung einiger Autoren (Werner, 2003; Bender, 2004; Lack, 2006; Jezek et al., 2010) bestätigt werden, die besagt, dass mittels der  $\gamma$ -GT-Aktivität, gemessen ab der 24. Stunde post natum, von einer erfolgten Kolostrumaufnahme ausgegangen werden kann. Einzelne Enzym-Werte lassen in der Mehrheit der Fälle jedoch keine gesicherte Aussage über die tatsächliche Immunglobulinresorption aus dem Kolostrum und folglich über den IgG-Status des Kalbes zu.

Werner (2003) untersuchte eindringlich die Aktivitäten der  $\gamma$ -GT im Kolostrum und im Plasma der Kälber. Sie kam zu dem Schluss, dass hohe Enzym-Aktivitäten als Beweis für eine erfolgte Kolostrumversorgung geltend gemacht werden können, wohingegen aber niedrige Aktivitäten aufgrund der großen Varianz der  $\gamma$ -GT-Gehalte im Kolostrum nicht unbedingt auf eine ungenügende Versorgung schließen lassen. Die Autorin verweist auf das im Serum oder Plasma zu bestimmende Gesamtprotein als besser geeigneten Parameter zur Beurteilung der Kolostrumversorgung.

Betrachtet man den Serum-Gehalt der  $\gamma$ -GT zu jeder der vier *Jahreszeiten*, fällt auf, dass vor allem im Herbst signifikant höhere Konzentrationen gemessen werden konnten, im Vergleich zu den Gehalten im Winter und besonders im Sommer. Dies könnte damit erklärt werden, dass auch die mittlere Gesamtaufnahme von IgG aus dem Kolostrum im Herbst größer war, als in den anderen Jahreszeiten und die  $\gamma$ -GT in einem sehr engen Zusammenhang mit der Kolostrumversorgung steht. Bei den im Herbst geborenen Kälbern war die kolostrale IgG-Versorgung demnach am effizientesten, zudem erreichten die Kühe auch in der Herbst-Jahreszeit signifikant höhere kolostrale IgG-Konzentrationen.

Zu allen drei Leberenzymen wurden eigene Referenzbereiche für die in dieser Studie beprobten Kälber ermittelt (Tabelle 43). Die oberen Referenzgrenzwerte liegen deutlich höher als bei adulten Tieren. Auch hinsichtlich des oberen Wertes der GLDH, der nach Pöhler (2004) bei 117,95 U/l liegt und höher ist als bei den in dieser Studie ermittelten Obergrenze (101,4 U/l), sind beim neugeborenen Kalb höhere GLDH-Aktivitäten messbar.

Die von Fürll (2014) angegebene, obere Toleranzgrenze für die  $\gamma$ -Glutamyltransferase beim Kalb/Jungrind liegt bei 12,0 U/l. Dabei muss davon ausgegangen werden, dass es sich bei diesem Probandenkollektiv um ältere, abgewöhnte Kälber bzw. Jungrinder handelt. Denn bei der vorliegenden Studie wurden bei wenige Tage alten Kälbern, die mit Kolostrum gefüttert wurden, teils deutlich höhere  $\gamma$ -GT-Aktivitäten gemessen, die folglich einen höheren oberen Referenzgrenzwert ergeben (Referenzbereich  $\gamma$ -GT: 13,2-4136,2 U/l; siehe Tabelle 43). Auch in der Literatur konnten höhere Konzentrationen der  $\gamma$ -Glutamyltransferase beim wenige Tage alten Kalb gemessen werden (Parish et al., 1997; Werner, 2003). Innerhalb von 12 Stunden post natum konnte Werner (2003) beispielsweise Aktivitäten von bis zu durchschnittlich 2600 U/l messen. Nach Klee (1985) sollten neugeborenen Kälber (24 Stunden post natum) eine  $\gamma$ -GT-Konzentration von mindestens 100,0 U/l aufweisen. In diesem Fall kann davon ausgegangen werden, dass eine ausreichende Kolostrumversorgung und folglich eine erfolgreiche intestinale Resorption von kolostralem IgG erfolgte.

## 5.2. Kuh

### 5.2.1. IgG-Konzentration im Kolostrum

Die mittleren kolostralen IgG-Konzentrationen unterlagen starken *jahreszeitlichen* Schwankungen. So konnten höhere Mittelwerte im Herbst (70,7 mg/ml) und im Sommer (60,2 mg/ml) gemessen werden, während die IgG-Gehalte im Frühling (MW: 53,9 mg/ml) und im Winter (MW: 50,3 mg/ml) signifikant geringer waren. Die in dieser Untersuchung ermittelten Kolostrum-Werte widersprechen den Ergebnissen aus der Studie von Lambrecht et al. (1982), der höhere mittlere kolostrale IgG-Gehalte in den Wintermonaten ermitteln konnte. Die Sommer- und Herbstmonate verteilten sich in der vorliegenden Studie im Jahr 2013 auf Juni bis Anfang November. Auch im November 2013 konnte noch von relativ milden Umgebungstemperaturen gesprochen werden, da zu dieser Zeit noch einigen Kühen Weidegang gewährt wurde. Es kann angenommen werden, dass die Kolostrumqualität vom Futterangebot beeinflusst wird (McMorran, 2006). Untersuchungen von Burton et al. (1984) ergaben jedoch, dass bei einer proteinärmeren Fütterung der Muttertiere im letzten Gestationstrimester, weder die Kolostrumproduktion noch der kolostrale IgG-Gehalt signifikant beeinflusst wurden, dennoch aber die Resorption aller Immunglobulinklassen aus dem Kolostrum über den Darm der Kälber signifikant reduziert wurde. Während der Sommer- und Herbstmonate konnte in der vorliegenden Studie die Mehrheit der Kühe im Trockenstehen zusätzlich zum Futterangebot im Stall auf der Weide grasen oder wurde im Stall mit frisch gemähtem Gras versorgt. Dieses Privileg hatten die Kühe, die in den Wintermonaten (Mitte November bis Anfang April) kalbten, nicht. Dennoch wird in den Untersuchungen von Hough et al. (1990) belegt, dass die Fütterung der Mutterkuh weder den IgG-Gehalt im Kolostrum noch die Serum-IgG-Konzentration der Kälber beeinflusst. Diese Studie bezog sich allerdings auf unterschiedliche Fütterungstechniken von Fleischrindern während der letzten 90 Trächtigkeitstage. Demgegenüber konnte in einer Studie von Shell et al. (1995) eine höhere mittlere IgG-Konzentration im Kolostrum bei den Kühen nachgewiesen werden, die auf einem vergleichsweise niedrigen Ernährungslevel gehalten wurden. Weiterhin konnte der Einfluss einer Schattenmöglichkeit versus eines Aufenthaltes in einer schattenlosen Umgebung auf die kolostrale IgG-Konzentration nicht bestätigt werden. Zu anderen Ergebnissen kamen Nardone et al. (1997), die aufzeigen konnten, dass sich Hitzestress bei Kalbinnen negativ auf den Immunglobulintransfer in die Milchdrüse auswirkt. Shearer et al. (1992) konnten ebenfalls einen jahreszeitlichen und somit von der

Umgebungstemperatur-abhängigen Einfluss auf die kolostrale IgG-Konzentration aufzeigen. So waren in den Sommermonaten (August und September) die IgG-Gehalte im Kolostrum signifikant höher.

*Haltungsbedingte* Unterschiede hinsichtlich der kolostralen IgG-Konzentration konnten sowohl bei den mittleren IgG-Konzentrationen im Kolostrum als auch bei Einteilung der Werte in den von Tizard (2013) angegebenen Referenzbereich (24,0-80,0 mg/ml) festgestellt werden. Die Kühe aus der Anbindehaltung ohne Weidegang wiesen im Mittel signifikant niedrigere IgG-Konzentrationen im Erstgemelk auf (MW: 48,3 mg/ml). Da die Laktationsanzahl in einem extrem schwachen Zusammenhang mit den hier gemessenen mittleren IgG-Gehalten im Kolostrum steht, macht es mehr Sinn, die geringere kolostrale Konzentration des Erstgemelks von Kühen aus der ganzjährigen Anbindehaltung mit dem durchschnittlichen Lebensalter der Tiere in dieser Haltung zu erklären. Wie in Abbildung 23 und Tabelle 36 dargestellt, weisen diese stark signifikant geringere mittlere Lebensalter auf, als die Kühe der anderen drei Haltungssysteme. Sie werden im Schnitt drei bis vier Jahre alt. Das Alter steht in einem -wenn auch schwachen- aber signifikanten Zusammenhang (multifaktorielle Betrachtung) mit den mittleren IgG-Konzentrationen im Kolostrum. Aus der Literatur geht hervor, dass jüngere Kühe geringere mittlere IgG-Konzentrationen im Kolostrum aufweisen, im Vergleich zu pluriparen Tieren. Bei Verteilung der Konzentrationen unter, im und über dem Referenzbereich für kolostrales IgG, liegt der größte Prozentsatz im Referenzbereich unter den Kühen aus der Anbindehaltung ohne Weidegang. In den anderen drei Haltungssystemen liegen vergleichsweise mehr Tiere oberhalb des Referenzbereiches. Demnach ist auch ein Mittelwert von 48,3 mg/ml (Kolostrum-IgG) der Kühe aus der ganzjährigen Anbindehaltung nicht als zu gering zu bewerten, da dieser Wert immer noch innerhalb des Referenzbereiches liegt und auch der gemessenen mittleren IgG-Konzentration anderer Autoren annähernd entspricht: 24,5 mg/ml (Bender, 2004) bzw. 35,6 mg/ml (Lack, 2006). Wahrscheinlicher ist die Annahme, dass für die in einem qualitativ hochwertigen Kolostrum gemessene IgG-Konzentration kein oberer Grenzwert definiert werden sollte. Bei vielen Kühen konnten Werte über 100,0 mg/ml ermittelt werden. Der eigens ermittelte Referenzbereich für das kolostrale Immunglobulin-G (n=231 Kolostrumproben, Deutsches Fleckvieh) liegt zwischen 13,1-120,1 mg/ml (Tabelle 44) und übersteigt deutlich die von Tizard (2013) angegebenen Referenzgrenzen.

Mit zunehmendem *Alter* der Kühe reift das hochspezialisierte Transportsystem, das die Immunglobuline aus dem Serum in das Euter transportiert, aus. Folglich können mit

zunehmendem Lebensalter höhere IgG-Werte im Kolostrum (und auch im Serum) gemessen werden (Devery-Pocius und Larson, 1983). Nach Kaske et al. (2003) produzieren ältere Kühe mengenmäßig mehr Antikörper und können demnach, im Gegensatz zu Kalbinnen, verstärkt ihren stallspezifischen Immunstatus an ihre Kälber weitergeben.

Wie bereits erwähnt, beeinflusst die *Anzahl der Geburten* die hier ermittelten IgG-Konzentrationen im Erstgemelk nicht. Mit Cohen  $d = 0,05$  als Maß für die Effektstärke ist dieser Zusammenhang nicht gegeben. Ebenso konnte Reinicke (2006) keine Abhängigkeit der kolostralen Immunglobuline von der Laktationsanzahl der Tiere aus der Farm II verzeichnen. Zahlreiche Autoren bestätigen aber einen Anstieg der mittleren kolostralen IgG-Konzentration bei zunehmender Anzahl der Laktation (Pritchett et al., 1991; Schäfer et al., 1998; Heyn, 2002).

Die Kühe aus biologisch wirtschaftenden Betrieben sind hinsichtlich ihrer kolostralen IgG-Konzentration weniger häufig im Referenzbereich verteilt (62,4%). Zusätzlich befinden sich 25,5% der kolostralen Immunglobuline unterhalb des unteren Referenzwertes. Dagegen liegen in konventionellen Betrieben 76,1% der Immunglobuline im Kolostrum innerhalb der Referenzwerte. Die biologischen Betriebe ( $n=4$ , siehe Tabelle 2) sind alle der Laufstallhaltung mit Weidegang zugeordnet. Da vergleichsweise viele ältere Tiere aus der Anbindehaltung mit Weidegang stammen und mit zunehmendem Lebensalter -wie oben beschrieben- höhere kolostrale IgG-Konzentrationen gemessen werden können, könnte dieses Ergebnis mit einer größeren Anzahl älterer Tiere in konventionellen Betrieben (zumindest in der Anbindehaltung mit Weidegang, siehe Punkt 5.2.8.) erklärt werden.

Laut Kaufmann (2012) kann sich eine Mutterschutzimpfung positiv auf die Immunglobulin-Zusammensetzung im Kolostrum auswirken, ohne aber im Detail auf die Immunglobulinklassen- und/oder konzentrationen einzugehen. In vorliegender Studie erhielten in einigen Betrieben insgesamt 144 Kühe zum Zeitpunkt des Trockenstehens eine Mutterschutzvakzine [Rotavec®Corona, MSD Tiergesundheit, Kombinationsimpfstoff mit bovinen Rotaviren, bovinen Coronaviren und E. coli F5 (Fimbrienantigen), inaktiviert]. Durch die Gabe von Antikörper angereichertem Kolostrum geimpfter Kühe, werden laut Hersteller die gegen diese Krankheitserreger gebildeten Antikörper an das Kalb weitergegeben, vermindern die Schwere und reduzieren die Inzidenz der durch diese Erreger verursachten Kälberdiarrhoe. Hinsichtlich der Verteilung der kolostralen Immunglobuline nach

Referenzbereichen ergibt sich ein schwacher, jedoch signifikanter Zusammenhang zwischen den mit einer Mutterschutzvakzine geimpften Kühen und deren Immunglobulin-Konzentration im Kolostrum. Bei insgesamt 97,2% der im Trockenstehen geimpften Kühe sind die Immunglobuline innerhalb der Referenzgrenzen oder sogar oberhalb des oberen Referenzwertes verteilt. Unter den Kühen, die nicht geimpft wurden, liegen vergleichsweise 89,5% der Immunglobuline im Kolostrum innerhalb oder oberhalb des Referenzbereiches (siehe Tabelle 38). Demnach sind die Kolostrumproben geimpfter Tiere höher an Immunglobulin-G konzentriert als die Erstgemelksproben nicht geimpfter Kühe. Von diesem Ergebnis ausgehend, kann die Aussage, dass sich eine Mutterschutzimpfung positiv auf die Zusammensetzung der Immunglobuline im Kolostrum auswirkt (Kaufmann, 2012), weitestgehend bestätigt werden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass bei Betrachtung aller Einflussfaktoren die kolostrale Immunglobulin-Konzentration stark von Betrieb zu Betrieb variiert ( $r^2$ =annähernd 60,0%). Es müssen deshalb weitere betriebseigene Einflüsse die immunbiologische Kolostrumqualität wesentlich bestimmen.

### 5.2.2. *IgG-Konzentration im Serum*

Der Frage, ob unterschiedliche *Haltungssysteme* einen Einfluss auf die Serum-IgG-Konzentrationen der Kuh ausüben, sollte u. a. in dieser Studie auf den Grund gegangen werden. Bei der statistischen Mittelwertberechnung sowie der Verteilung der Immunglobuline nach Toleranzgrenzen konnte kein Zusammenhang unter den vier verschiedenen Haltungssystemen und der Serum-IgG-Konzentration hergestellt werden. Vielmehr spielen weitere Faktoren, die aus der Haltungsweise der Kühe resultieren (Weidegang, betriebsindividuelle Einflüsse) eine bedeutsamere Rolle auf den Immunglobulin-Status der Kühe. Deswegen wurde der Betrieb als Zufallseffekt miteinbezogen und zeigte bei multifaktorieller Betrachtung mit  $r^2$ =42,6% den stärksten Einfluss auf das Serum-IgG.

In der Literatur gibt es hinsichtlich einer Einflussmöglichkeit der Haltung der Tiere auf die IgG-Konzentration nur wenige gesicherte Daten. Laut Leech et al. (1968) besteht ein Zusammenhang mit dem Serum-Immunglobulin-Status und den Haltungsbedingungen der Tiere. Die Autoren konnten in ihren Untersuchungen geringere IgG-Gehalte und eine höhere

Sterblichkeit unter den Rindern beobachten, die in der Anbindehaltung geboren wurden, respektive der Rinder, die in Boxen, Laufställen oder auf der Weide geboren sowie gehalten wurden.

Bei den hier ermittelten Immunglobulin-Werten der Kuh konnte ein starker *jahreszeitlicher* Einfluss festgestellt werden.

Sowohl bei den mittleren Immunglobulin-Konzentrationen als auch bei Verteilung der Konzentrationen nach Toleranzgrenzen geht deutlich hervor, dass der Herbst die Jahreszeit darstellt, in der die IgG-Gehalte im Median am geringsten sind bzw. in der die meisten Kühe innerhalb der Toleranzgrenzen liegen. Ein Nachweis von Antikörpern im Blut spiegelt die Auseinandersetzung des Körpers mit dem betreffenden Antigen mindestens zwei Wochen vor Blutprobenentnahme wieder. Erst bei länger bestehenden Infektionen bzw. Antigenkontakten werden höhere Immunglobulin-Konzentrationen (v. a. Gammaglobuline) gemessen (Müller, 2014; Schwendenwein, 2014). Es ist also davon auszugehen, dass die Herbstproben den Immunstatus der Kühe zum Zeitpunkt der Sommermonate wiedergeben. Die Sommerproben lassen eher Rückschlüsse auf den Immunglobulin-Gehalt im Serum der Kühe während der Frühlingszeit zu, usw. Im Herbst wurde ein Mittelwert von 26,0 mg/ml gemessen. Im Sommer erreichten die IgG-Gehalte ein Mittelwerts-Maximum von durchschnittlich 32,4 mg/ml, respektive zu den mittleren Konzentrationen im Frühling (29,4 mg/ml) und im Winter (31,5 mg/ml). Demnach kann in der vorliegenden Studie die Zeit, die die Frühlingsmonate (März bis Juni 2013) sowie die späten Herbst- und Wintermonate (Oktober 2013 bis Februar 2014) umfasst, als jene mit verstärkt ablaufenden Immunreaktionen aufgrund vermehrter Antigenkontakte beschrieben werden. Die kalte Jahreszeit wird auch von anderen Autoren als die Zeit beschrieben, in der die Inzidenz von Krankheitsprozessen höher ist als zu den anderen Jahreszeiten und das Immunsystem starken Stressoren ausgesetzt wird (Nelson und Demas, 1996; Gallerani et al., 2013). Die von Tizard (2013) angegebenen Serum-IgG-Konzentrationen beim Rind liegen bei 17,0-27,0 mg/ml. Demnach wären nur die Immunglobuline der im Herbst beprobten Kühe mit durchschnittlich 26,0 mg/ml im Normbereich. Der Autor beschreibt ebenso signifikante jahreszeitliche Unterschiede, geht im Detail aber nicht näher darauf ein. Der in Tabelle 44 dargestellte Referenzbereich für Immunglobulin-G aus dem Serum der in dieser Studie beprobten Kühe (Deutsches Fleckvieh), liegt mit einem oberen Referenzbereichswert von 59,3 mg/ml deutlich über den Werten, die von Tizard (2013) und Fürll (2014) ermittelt wurden. An dieser Stelle wäre interessant, wenn zu den Referenzbereichen aus der Literatur Angaben über die Größe der

Probandengruppen, die Rasse, das Alter, das Geschlecht (beide Autoren beziehen sich auf den Begriff des Rindes) und andere Merkmale der beprobten Tiere sowie Haltungsbedingungen und Angaben zur Saison der Blutprobenentnahmen gemacht werden würden. Dann ließen sich aussagekräftigere Vergleiche der eigenen Referenzbereiche mit denen aus der Literatur aufstellen.

Die im Herbst gemessenen, niedrigeren Immunglobulin-G-Konzentrationen im Serum der Kühe können nicht eine Konsequenz der höheren kolostralen IgG-Konzentrationen im Herbst sein, da in Hinsicht auf jahreszeitliche und haltungsbedingte Unterschiede im Serum-IgG nur die IgG-Konzentrationen der Kühe einbezogen wurden, die sich nicht im Zeitraum um die Kalbung befanden (Tabelle 24).

Die hier durchgeführte Untersuchung stützt sich u. a. auf die Laborergebnisse von 12 Betrieben zweier Haltungssysteme, die ihren Kühen Weidegang ermöglichen (Anbindehaltung und Laufstallhaltung mit Weidegang), während die Kühe in weiteren elf Betrieben (Anbindehaltung und Laufstallhaltung ohne Weidegang, siehe Tabelle 2) ganzjährig im Stall gehalten wurden. Jede einzelne Kuh wurde -wenn die Möglichkeit zum Weidegang bestand- vor Weidegang beprobt (=Frühlingsprobe) und im Vergleich dazu (neben der Sommer- und der Winterprobe) nach Weidegang (=Herbstprobe). Bei Betrachtung der Toleranzgrenzen für IgG (Fürl, 2014), die mit 16,4-30,4 mg/ml annähernd denen entsprechen, die von Tizard (2013) angegeben werden (17,0-27,0 mg/ml), liegen unter den Herbstproben, die wiederum den Immunstatus der Kühe während der Weideperiode wiedergeben, mit 76,3% deutlich mehr Kühe mit ihrem Immunglobulin-G-Gehalt innerhalb der Toleranzgrenzen, während sich vor Weidegang nur etwa die Hälfte (54,4%) der Tiere mit ihren Gammaglobulin-Werten innerhalb der Toleranzgrenzen befinden. Teilweise wurden im Herbst 2013 aufgrund noch angenehmer Umgebungstemperaturen einige Tiere bis Anfang November auf die Weide getrieben und folglich erst nach dem letzten Tag der Weidesaison beprobt. Die dann gemessenen Werte geben somit Auskunft über die letzten Wochen während der Weidezeit. Aus den ermittelten Immunglobulin-G-Werten geht hervor, dass die Kühe während der Weidesaison deutlich geringere IgG-Konzentrationen im Serum aufwiesen und vermutlich weniger häufig Kontakt mit Antigenen jeglicher Form hatten. In der kalten Jahreszeit wurden höhere IgG-Gehalte im Serum der Kühe gemessen. Rütz (2010) spricht in ihrer Untersuchung zur Bewertung der Tiergerechtigkeit von Laufställen von einer geringeren Tiergerechtigkeit bei erhöhten IgG-Konzentrationen im Serum der Kühe.

Die Kühe, denen in vorliegender Untersuchung kein Zugang zur Weide gewährt wurde und die den gesamten Untersuchungszeitraum im Stall (Anbindehaltung und Laufstall ohne



Weidegang) verbrachten, ließen vergleichbare jahreszeitlich bedingte IgG-Konzentrationsunterschiede messen. Diese waren im prozentualen Vergleich aber nicht so deutlich wie bei den Kühen mit Weidegang:

Innerhalb der IgG-Toleranzgrenzen waren bei den im Herbst beprobten Kühen 75,0% bzw. 71,4% (Anbindehaltung bzw. Laufstall ohne Weidegang) sowie 80,0% bzw. 71,0% (Anbindehaltung bzw. Laufstall mit Weidegang).

Die ähnlich hohen, innerhalb der Toleranzgrenzen verteilten Antikörper-Gehalte unter den im Laufstall (mit und ohne Weidegang) gehaltenen Kühen (71,0% bzw. 71,4%) unterscheiden sich dennoch deutlich in ihrer weiteren Verteilung nach Toleranzgrenzen. Während beim Laufstall mit Weidegang sogar 11,3% der Immunglobuline unterhalb der Toleranzgrenzen lagen, wurden 22,4% der Immunglobuline bei den Kühen aus dem Laufstall ohne Weidegang oberhalb der Toleranzgrenzen ermittelt (siehe Tabelle 38).

Insofern kann die in der Literatur vorherrschende Meinung über jahreszeitliche Einflüsse auf die Immunfunktion bestätigt werden. Einschränkend dazu sei aber gesagt, dass vermutlich nicht die kalten Temperaturen ein Problem für die Kühe darstellen und immunologische Prozesse verstärken. Vielmehr sind andere Stressfaktoren, wie fehlender Weidegang und eingeschränkte Bewegungsmöglichkeit, schlechtere stallhygienische Bedingungen durch eine erhöhte Tier- und somit Keimdichte im Stall, verminderte Luftqualität durch unzureichende Frischluft, wechselndes Futterangebot (kein frisches Gras), etc. auslösend für verstärkt ablaufende immunologische Vorgänge. Mitunter können dann potentiell eindringende Krankheitserreger nicht ausreichend abgewehrt werden, was die erhöhte Krankheitsinzidenz in der kälteren Jahreszeit erklären könnte.

In der vorliegenden Studie konnte bezüglich der mittleren Immunglobulin-G-Gehalte bei den Kühen im *post partalen Zeitraum* (innerhalb 72 Stunden post partum, n=152 bzw. 90 Stunden post partum, n=9) kein gravierender Unterschied zu den IgG-Konzentrationen der Kühe, die außerhalb des Partus beprobt wurden, festgestellt werden. Statistisch gesehen, ist dieser Zusammenhang nicht signifikant.

Die höchste mittlere IgG-Konzentration (bis 90 Stunden post partum) wurde im Sommer gemessen (32,1 mg/ml), während der höchste durchschnittliche IgG-Wert außerhalb des Partus ebenfalls im Sommer ermittelt wurde und bei 32,4 mg/ml lag. Basierend auf den hier ermittelten Untersuchungsergebnissen, die von Kühen stammen, welche innerhalb 90 Stunden post partum beprobt wurden, haben geburtsbedingte Faktoren keinen Einfluss auf die mittlere Immunglobulin-Konzentration.

Werden allerdings die IgG-Werte nach Toleranzgrenzen verteilt, so befinden sich weitaus mehr Kühe (62,1%) hinsichtlich ihrer IgG-Konzentrationen innerhalb der Toleranzgrenzen im Zeitraum außerhalb des Partus. In der Zeit nach der Kalbung sind 53,3% der IgG-Werte innerhalb der Toleranzgrenzen und insgesamt 46,8% (versus 37,9% außerhalb des Partus) ober- oder unterhalb der Toleranzgrenzen (Tabelle 38). Laut Fürll (2014) kann eine Gesundheitsgefährdung bzw. Leistungsminderung vorliegen, wenn 20,0% der Tiere einer Gruppe außerhalb der angegebenen Toleranzgrenzen liegen. Da aber der Zeitraum um die Geburt eine physiologische Ausnahmesituation darstellt, die ebenso außergewöhnliche StoffwechsellLeistungen und immunologische Prozesse erfordert, erscheint diese Einteilung der Immunglobuline nach Toleranzgrenzen als nicht sinnvoll. Viele Autoren berichten über einen deutlichen prä partalen Konzentrationsabfall von Serum-IgG (Brandon et al., 1971; Sasaki et al., 1976; Herr et al., 2011), das zum Geburtszeitpunkt, insbesondere während der Austreibungsphase des Kalbes ein Konzentrationsminimum erreicht. Bis zum siebten Tag post partum bleiben die Werte auf einem niedrigen Niveau (15,0-20,0 mg/ml) und erfahren danach bis zur vierten Woche eine stetige Konzentrationssteigerung bis auf  $36,2 \pm 9,9$  mg/ml (Herr et al., 2011). Die hier gemessenen post partalen Werte (90 Stunden post partum) konnten nicht in einem zeitlichen Verlauf mit Werten vor und während der Geburt sowie über die 90. Stunde post partum hinaus betrachtet und verglichen werden. Dennoch erreichten die hier ermittelten post partalen Immunglobulin-Gehalte bereits 90 Stunden nach der Kalbung einen minimalen mittleren Wert von 27,1 mg/ml und ein Maximum von 32,1 mg/ml. Diese liegen deutlich über den Werten, die in der Studie von Herr et al. (2011) ermittelt werden konnten.

Ein Zusammenhang zwischen *Anzahl der Laktationen* und IgG-Konzentration im Serum der Kühe konnte hier nicht hergestellt werden. In der Literatur wird beschrieben, dass ältere Kühe bzw. multipare Kühe nicht nur höhere kolostrale IgG-Konzentrationen aufweisen, sondern auch höhere Plasmaspiegel. Horn (2013) konnte in ihren Untersuchungen aufzeigen, dass Kühe mit zwei oder mehr Laktationen höhere Plasmaspiegel an IgG1 erreichten. Kühe in der zweiten Laktation wiesen Plasmaspiegel von durchschnittlich 7,1 mg/ml auf. Bei Kühen mit mehr als zwei Laktationen lagen die mittleren IgG1-Spiegel im Plasma bei 11,1 mg/ml. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Larson et al. (1980) sowie Sasaki et al. (1976).

Bei den in dieser Studie ermittelten Serum-IgG-Gehalten ergab sich ein Zusammenhang zum *Lebensalter* der Kuh. Dieser ist aber mit einer Effektstärke von  $d=0,3$  schwach ausgeprägt.

### 5.2.3. Rotes Blutbild

In der Literatur werden zunächst ante partum niedrigere Konzentrationen der Parameter im roten Blutbild beschrieben. Ursächlich dafür sind die Blutvolumenzunahme und die daraus folgende Hämodilution. Kurz vor der Kalbung steigen die Gehalte des Hämoglobins, der Erythrozyten und des Hämatokrits, wobei letztere Parameter drei Tage post partum maximale Konzentrationen erreichen (Benysek und Kudlak, 1971a; Steinhardt et al., 1994; Bleul und Sobiraj, 2001a). Für viele Kühe ist die Geburt, insbesondere wenn sie nicht komplikationslos vorüber geht, ähnlich eines hypovolämischen Schockgeschehens, in dessen kompensatorischen Regulationsprozessen als Folge des Flüssigkeitsverlustes die Kühe teilweise stark dehydrieren (Hewett, 1974; Bleul und Sobiraj, 2001a). Aber auch bei physiologischen Geburtsabläufen wird das ante partum vergrößerte Blutvolumen nach der Kalbung stark verringert und erfordert hohe Flüssigkeitsaufnahmen durch die Kuh. Das Ausmaß der Hämokonzentration ist laut Bleul und Sobiraj (2001a) nach Schweregeburten noch stärker.

Im *post partalen* Zeitraum werden in der eigenen Untersuchung signifikant höhere mittlere Erythrozyten-, Hämoglobin- und Hämatokrit-Gehalte bei der Kuh gemessen. Somit können die in der Literatur angegebenen Konzentrationsunterschiede im post partalen Zeitraum anhand eigener ausgewerteter Mittelwerte bestätigt werden.

Die Verteilung der einzelnen Werte nach Referenzbereichen liefert anderweitige Ergebnisse. Die Erythrozyten-, Hämoglobin- und Hämatokrit-Gehalte der Kühe, gemessen innerhalb von 72 Stunden (n=152) bzw. 90 Stunden (n=9) post partum, liegen in der Mehrheit im Referenzbereich. Dagegen weisen Kühe außerhalb des Geburtszeitraumes hinsichtlich der Erythrozyten (11,5%), des Hämoglobins (19,5%) und vor allem des Hämatokrits (44,6%) Konzentrationen auf, die unterhalb des unteren Referenzwertes liegen. Die Referenzbereiche wurden in dieser Studie einheitlich von Moritz et al. (2014) übernommen. Am Beispiel des Hämatokrits liegen gemessene Werte zwischen 0,28-0,38 l/l im Referenzbereich. Die hier ermittelten Werte der Kühe, die frisch abkalbten würden demnach, da sie größtenteils innerhalb des Referenzbereiches liegen, nicht auf eine Hämokonzentration hinweisen, sondern sind Werte, die bei einer gesunden Referenzpopulation unter physiologischen Bedingungen gemessen werden können. Die Geburt stellt ein physiologisches, jedoch mit „normalen Laborwerten“ nicht vergleichbares Ereignis dar. Ferner würde das Blutbild der Kühe, die in einem noch früheren Trächtigkeitsstadium bzw. späteren Laktationsstadium (also außerhalb der Kalbung) beprobt wurden und in dieser Untersuchung niedrige Werte im roten Blutbild

aufweisen (Hämatokrit: 44,6% unterhalb des Referenzbereiches), scheinbar eine Anämie suggerieren. Mit einer Stichprobenanzahl von 686 Blutproben, die von klinisch unauffälligen Fleckvieh-Kühen außerhalb des Geburtszeitraumes aus insgesamt 23 Betrieben stammen, verteilt auf vier verschiedene Haltungssysteme und zu drei weiteren Jahreszeiten innerhalb eines Jahres beprobt wurden, könnte eventuell überprüft werden, ob die hier übernommenen Referenzbereiche für Erythrozyten, Hämoglobin und Hämatokrit gegebenenfalls bei erneuter Prüfung auf niedrigere Intervallgrenzen angesetzt werden könnten. Mit Hilfe des Computerprogrammes MedCalc® wurde in der vorliegenden Studie versucht, anhand von den Laborergebnissen der in diese Studie miteinbezogenen Fleckvieh-Kühe, für diese eigene Referenzbereiche aufzustellen. Dieser liegt für die Kühe (außerhalb des Kalbungszeitraumes) zwischen 0,22-0,35 l/l. Die in dieser Untersuchung ermittelten Referenzbereiche können in Tabelle 44 eingesehen werden.

Auch im *jahreszeitlichen* Vergleich wird deutlich, dass lediglich zwischen 50,0% und 60,0% der Hämatokrit-Werte der Kühe, die in jeder der vier Jahreszeiten beprobt wurden, innerhalb des von Moritz et al. (2014) übernommenen Referenzbereiches liegen (0,28-0,38 l/l). Vor allem in der kalten Jahreszeit liegen vergleichbar viele Tiere unterhalb der Referenzwerte (Herbst: 38,1%; Winter: 43,3%). Dass bei niedrigerer Umgebungstemperatur die Blutwerte des roten Blutbildes am höchsten sind (Casella et al., 2013; Mazzullo et al., 2014a), konnte hier in dieser Studie nicht bestätigt werden. Wäre eventuell der untere Referenzwert niedriger angesetzt, so würden die meisten Hämatokrit-Konzentrationen der Kühe wohl im Referenzbereich zu liegen kommen. Auch bei Betrachtung der Hämoglobin-Konzentrationen kann nur teilweise die Meinung aus der Literatur nachvollzogen werden. Im Sommer wurden bei 15,4% und im Winter bei 23,0% der Tiere Werte unterhalb der Referenzbereiche gemessen. Nach Casella et al. (2013) werden niedrigere Konzentrationen in der warmen Jahreszeit gemessen. Die Tiere würden kompensatorisch zum Flüssigkeitsverlust über die Körperoberfläche mehr Wasser zu sich nehmen und folglich eine Hämodilution bewirken. Andererseits kann auch die Meinung von Kumar und Pachauri (2000) nicht geteilt werden, die bei ihren Tieren im Sommer höhere Konzentrationen der Parameter im roten Blutbild messen konnten. In der vorliegenden Studie wurde bei mindestens 30,0% der Tiere zu jeder Jahreszeit (Winter: 43,3%) Hämatokrit-Gehalte ermittelt, die unterhalb des Referenzbereiches liegen. Auch die Erythrozyten-Gehalte lagen in der Mehrheit im Referenzbereich, nur wenige darunter (Sommer: 10,3%; Winter: 12,4%). Weder in der warmen, noch in der kalten Jahreszeit wurden deutlich höhere Werte ermittelt. Im Sommer lagen lediglich 10,3% der Hämoglobin-Gehalte oberhalb des Referenzbereiches, 15,4% der Werte darunter. Auch das

Hämoglobin wurde zu jeder Jahreszeit in teils niedrigen Konzentrationen gemessen (Frühling: 10,6%, Herbst: 12,6%, Winter 23,0% unterhalb des Referenzbereiches).

Der stärkste Einfluss ist durch den einzelnen *Betrieb in Kombination mit dem Verschmutzungsgrad* der Tiere mit  $r^2=10,3\%$  hinsichtlich der mittleren Erythrozyten-Konzentration der Kühe gegeben. Von Betrieb zu Betrieb weisen die Kühe, je nach Grad der Verschmutzung, andere mittlere Erythrozyten-Gehalte auf. Dabei könnte der Befall mit Endo- und Ektoparasiten bei großer Verschmutzung der Tiere (siehe Punkt 3.7.) eine Rolle in der Ausprägung der Erythrozyten-Konzentration spielen.

#### 5.2.4. *Weißes Blutbild*

Während der Hochträchtigkeit und zum Geburtszeitpunkt werden erhöhte Konzentrationen der Leukozyten gemessen. Diese nehmen nach der Kalbung wieder ab. In der Literatur werden unterschiedlich schnelle Konzentrationsabfälle *post partum* beschrieben. Kehrli et al. (1989) sowie Kim et al. (2005) und Hussain und Daniel (1992) beschreiben einen rapiden Aktivitätsrückgang der Leukozyten eine Woche *post partum*. Ein erneuter Konzentrationsanstieg wurde von den Autoren in den nachfolgenden drei Wochen *post partum* gemessen. Nach Mehrzad et al. (2002) wird die Granulozyten-Aktivität nicht nur in der Zeit eine Woche vor der Kalbung, sondern auch noch zwei Wochen *post partum* beeinträchtigt. Bei den in der vorliegenden Studie gemessenen Gesamtleukozytenzahlen ist von keiner *post partalen* (innerhalb von spätestens 90 Stunden p.p.) Depression zu sprechen. Es stellte sich im Durchschnitt und Vergleich zu den Leukozyten-Gehalten außerhalb des Partus eine signifikant höhere *post partale* Leukozyten-Konzentration heraus. Auch liegen die Leukozyten-Gehalte bei mehr als 15,0% der Kühe, die innerhalb 72 Stunden (n=152) bzw. 90 Stunden (n=9) nach der Kalbung beprobt wurden, oberhalb des angegebenen Referenzwertes. Vergleichend dazu sind im Zeitraum außerhalb des Partus weniger Tiere oberhalb, sondern mehr Tiere unterhalb des Referenzbereiches, bei annähernd gleich hohen Prozentsätzen innerhalb der Referenzgrenzen. Aus dem für die Fleckvieh-Kühe eigens ermittelten Referenzbereich für die Gesamtleukozytenzahl (Tabelle 44) geht hervor, dass der untere Referenzgrenzwert niedriger liegt als in der Literatur angegeben. Auch hier können diese Ergebnisse mit den Referenzbereichen für die Gesamtleukozytenzahl sowie die Parameter des roten Blutbildes, die in der Literatur angegeben sind, nur dann sinnvoll verglichen werden, wenn nähere Angaben zum Probandenkollektiv in der Literatur in Erfahrung gebracht werden könnten.

Die vorliegenden Ergebnisse können mit denen, die Kim et al. (2005) und Kehrli et al. (1989) ermittelten, verglichen werden, da erst ab einer Woche post partum ein Konzentrationsabfall beschrieben wird. Die vor der Geburt und vermutlich noch einige Stunden post partum länger bestehende Leukozytose wird von einer erhöhten Cortisol-Ausschüttung verursacht (Preisler et al., 2000). Der allmähliche Konzentrationsabfall nach der Kalbung wird auf eine gesteigerte Leukozyten-Migration in Organe und Gewebe, wie z. B. Euter und Uterus, zurückgeführt (Guidry et al., 1976).

Im *jahreszeitlichen* Vergleich weisen die hier beprobten Kühe im Winter signifikant geringere Leukozyten-Gehalte auf. Respektiv konnten Lee et al. (1976) in den wärmeren Monaten höhere Leukozyten-Konzentrationen messen. Auch in einer aus der Humanmedizin angefertigten Studie von Röcker et al. (1980) wurden im Sommer -neben höheren LDH-Gehalten- ebenso höhere Leukozyten-Konzentrationen gemessen. Keinen Einfluss der Jahreszeit auf die Konzentration der Leukozyten ergaben die Auswertungen der Laborergebnisse von Noonan et al. (1978) sowie Hoops (2007).

Die hier ermittelten Konzentrationsunterschiede, die vor allem im Winter eine signifikante Reduktion erfuhren, sind bei multifaktorieller Betrachtung ( $r^2=0,013$ ) und auch bei Verteilung der Werte nach Referenzbereichen (Cramer-V=0,105), von geringfügiger Effektstärke.

Die Leukozyten-Gehalte werden am stärksten von weiteren betriebseigenen Faktoren beeinflusst ( $r^2=0,493$ ).

#### 5.2.5. *Thrombozyten*

Ähnlich der Thrombozyten-Gehalte bei den Kälbern (siehe Punkt 5.1.3.), wurden ebenso bei den Kühen im Winter erhöhte Konzentrationen gemessen. Dieser Zusammenhang ist auf mittelstarkem Niveau signifikant. Analog zu den eigenen Ergebnissen ermittelten Mazzullo et al. (2014a) und Casella et al. (2013) sinkende Thrombozyten-Konzentrationen unter höheren Umgebungstemperaturen in den Sommermonaten. Ursächlich dafür ist die Hitze, die als einer der stärksten umweltbedingten Stressfaktoren eine Belastung der Tiere darstellt (Silanikove, 2000; Mirzadeh et al., 2010; Casella et al., 2013).

Dennoch variieren mit einer Effektstärke von  $r^2=0,456$  die Konzentrationen der Blutplättchen am meisten von Betrieb zu Betrieb. Der einzelne Betrieb selbst hat den größten Einfluss auf die Konzentration der Thrombozyten unter den eigenen Kühen.

Der Referenzbereich für die Thrombozyten der Fleckvieh-Kuh (aus den Blutwerten der vorliegenden Studie, siehe Tabelle 44) ist mit dem, der von Moritz et al. (2014) angegeben wird, vergleichbar und wird annähernd gleich definiert.

#### 5.2.6. *Leberenzyme*

##### *Post partal*

Die in dieser Untersuchung ermittelten Werte der LDH, GLDH sowie  $\gamma$ -GT unterliegen mehr oder weniger starken Schwankungen im Zeitraum um die Geburt. Während die Konzentrationen der LDH und  $\gamma$ -GT nach der Kalbung höher sind, konnten niedrigere GLDH-Gehalte im gleichen Zeitraum gemessen werden. Der Zusammenhang ist bei Betrachtung der LDH-Werte am stärksten ( $d=0,7$  bzw. Cramer-V=0,232). Laut Bostedt (1974) erreichen die LDH-Gehalte der Kuh zwei Tage post partum maximale Konzentrationen und normalisieren sich erst zwei bis drei Wochen nach der Kalbung wieder. Rummer und Eulenberger (1981) ermittelten zwei bis vier Tage nach einer komplikationsfreien Geburt einen Wert von  $1229,0 \pm 319,0$  U/l. Bei Schweregeburten wurden höhere Werte gemessen ( $1563,0 \pm 831,0$  U/l). In der vorliegenden Untersuchung ergab sich ein Mittelwert von  $1225,8 \pm 19,8$  U/l, gemessen innerhalb von 72 Stunden post partum. Außerhalb des Partus sind die LDH-Konzentrationen geringer (MW:  $1030,0 \pm 8,9$  U/l).

Hussein und Abd Ellah (2008) stellten bis zur 48 Stunde post partum relativ konstant bleibende GLDH-Werte bei Kühen ohne Geburtskomplikationen fest. Erhöhte Konzentrationen wurden nach Schweregeburten gemessen. Weiterhin wird in der Literatur von Konzentrationssteigerungen bezüglich der GLDH im post partalen Zeitraum berichtet. Teilweise steigen die Werte in einem Zeitraum von 7-17 Wochen post partum auf das 3-7 fache der Ausgangskonzentration vor der Kalbung an (Treacher und Collis, 1977). Allerdings wird dieses Ergebnis auf die in dieser Studie untersuchte Proteinversorgung der Tiere zurückgeführt. Hoedemaker et al. (2004) stellte drei Wochen post partum ein GLDH-Konzentrationsmaximum von 20,0 U/l fest, betont aber, dass geringfügige Konzentrationsabweichungen bei klinisch gesunden Kühen nicht unbedingt eine Leberschädigung indizieren. Auch nach Neumann (2014) könne erst bei Werten, die das Dreifache des oberen Referenzwertes überschreiten ( $> 1000,0$  U/l), von einer irreversiblen Leberzellschädigung gesprochen werden.

Die hier gemessenen post partalen GLDH-Gehalte sind im Mittel sogar niedriger als die Werte, gemessen außerhalb des Partus.

Bei Betrachtung der  $\gamma$ -GT-Konzentration im Zeitraum nach der Kalbung können signifikant höhere mittlere Konzentrationen (MW: 32,8 U/l versus 26,3 U/l außerhalb Partus) gemessen werden. Dieser Zusammenhang ist allerdings sehr schwach ( $r^2=0,06\%$ ). Einen geringfügigen Anstieg der  $\gamma$ -GT Konzentration im post partalen Zeitraum (bis 48 Stunden p.p.) konnten ebenfalls Hussein und Abd Ellah (2008) aufzeigen.

### *Jahreszeit*

Im Frühling und im Sommer wurden vergleichsweise höhere mittlere LDH-Konzentrationen gemessen. Dieser Zusammenhang ist mit  $d=0,7$  als mittelstark bis stark zu betrachten. Auch bei Verteilung der Werte auf Referenzbereiche liegen 21,6% der Kühe im Frühling und 20,5% der Kühe im Sommer oberhalb des Referenzbereichs. Im Herbst und Winter sind über 90,0% der LDH-Gehalte im Referenzbereich. Jain und Bide (1985) kamen zu ähnlichen Ergebnissen, während andere Autoren -weder bei Betrachtung der Werte der LDH noch bei der  $\gamma$ -GT- keine jahreszeitlich-bedingten Konzentrationsunterschiede feststellten (Cozzi et al., 2011; Salplachta & Necas, 2000). Demgegenüber wurden auch beim Menschen höhere LDH-Gehalte im Sommer gemessen (Röcker et al., 1980), während die Gehalte der  $\gamma$ -GT keinen Schwankungen unterlagen. Jain und Bide (1985) führen ihre Ergebnisse auf eine veränderte Futter- und Wasseraufnahme sowie körperliche Aktivität der Kühe auf der Weide zurück. Der Einfluss der körperlichen Aktivität durch Weidegang auf die LDH-Konzentration kann in der vorliegenden Untersuchung nicht exakt geteilt werden. Der Prozentsatz der oberhalb des Referenzbereiches liegenden Werte der Kühe, deren LDH-Gehalt vor Weidegang gemessen wurden, ist größer als der prozentuale Anteil der Kühe, deren Werte nach Ende der Weidesaison ermittelt wurden.

Insgesamt aber bestimmen betriebseigene Einflussfaktoren im Wesentlichen die Konzentrationen der hier gemessenen Leberenzyme. Dies wird besonders deutlich hinsichtlich der GLDH-Gehalte ( $r^2=62,1\%$ ) sowie  $\gamma$ -GT-Gehalte (52,4%). Aber auch die LDH-Konzentrationen der Kühe werden größtenteils von betriebsindividuellen Einflüssen bestimmt ( $r^2=33,6\%$ ). Vermutlich ist die Fütterung ein wesentlicher Einflussfaktor, der zumindest die betrieblichen Konzentrationsschwankungen der GLDH erklären könnte (siehe Abbildungen 18-21). Energiemangelzustände mit erhöhtem Harnstoffumsatz, wie sie besonders oft im peripartalen Zeitraum vorkommen oder aber auch erhöhte



Stoffwechselaktivitäten (Kreislaufstörungen) können durch nachfolgende Lipolyse und Ketogenese die Leber schädigen (Fürl, 2014; Neumann, 2014).

Bei Betrachtung der Referenzbereiche für die Laktatdehydrogenase (LDH), konnten in der vorliegenden Studie für die Fleckvieh-Kühe etwas höhere Referenzgrenzwerte ermittelt werden. Die Referenzbereiche für GLDH sowie  $\gamma$ -GT werden von Fürl (2014) mit nur einer oberen Toleranzgrenze (bzw. Kontrollgrenze) festgelegt (einseitiger Referenzbereich). Aus den eigenen Laborergebnissen konnten untere und obere Referenzgrenzwerte bestimmt werden (Tabelle 44). Die obere Referenzgrenze für die Glutamatdehydrogenase (U/l) liegt etwas höher als die Toleranzgrenze für GLDH (Fürl, 2014). Bei Betrachtung des oberen Grenzwertes der  $\gamma$ -GT, konnte in der vorliegenden Studie ein exakt gleicher Wert ermittelt werden (50,0 U/l), wie auch in der Literatur angegeben (Fürl, 2014).

#### 5.2.7. *Körperinnentemperatur der Kuh*

*In der Zeit nach der Abkalbung* wurden bei den in dieser Untersuchung teilnehmenden Kühen höhere mittlere Temperaturen gemessen (38,6°C). Während in der Hochträchtigkeit und wenige Tage vor der Kalbung die Temperatur abnimmt (Wrenn et al., 1961), ist es nicht ungewöhnlich, dass die Körperinnentemperatur der Kuh im Puerperium über 39,5°C steigen kann. Grunert (1993) führt dies auf den gesteigerten Lochialausfluss aus dem Uterus zurück. Demnach ist eine post partale Temperaturerhöhung, wie sie auch unter den Kühen in der vorliegenden Studie gemessen werden konnte, als physiologisch zu beurteilen. Dabei wurde bei den Kühen, die sich nicht im Geburtszeitraum befanden, eine mittlere Körperinnentemperatur von 38,1°C gemessen. Diese liegt um 0,4°C unter der von Passarge (2013) angegebenen Durchschnittstemperatur gesunder, adulter Kühe (38,5°C), die sich auf Untersuchungen von Scheunert und Trautmann (1987) beruft.

Mit  $r^2=11,2\%$  ist der Einfluss des Verschmutzungsgrades im jeweiligen Betrieb nicht zu unterschätzen. In der Literatur wird von einer steigenden Oberflächentemperatur bei stärkerer Verschmutzung der Tiere berichtet (Passarge, 2013). Allerdings wurden die Messungen an Körperoberflächen (u. a. Euter und Klauen) via Infrarot-Thermographie vorgenommen und von einer geringeren Oberflächentemperatur durch erschwerte Wärmestrahlung bei stark verschmutzten Tieren ausgegangen. Die hier ermittelten Ergebnisse beruhen auf rektal gemessenen Körperinnentemperaturen, die durchaus einen repräsentativen Wert haben, sofern sie nach längerer Ruhe und bei neutraler Lufttemperatur bestimmt wurden. Stress- oder

leistungsbedingte Hyperthermien sowie Tageszeit und Fütterungsniveau sollten berücksichtigt werden (Jessen, 2000). Diese Bedingungen können aber in praxi nicht immer eingehalten werden. Dennoch konnte zwischen dem Grad der Verschmutzung der Kühe im jeweiligen Betrieb und den rektal gemessenen Körperinnentemperaturen ein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden. Interessanterweise nahm die mittlere Körpertemperatur minimal, aber signifikant mit zunehmender Verschmutzung der Tiere ab. Demnach wurde eine Temperaturdifferenz von  $1,0^{\circ}\text{C}$  ( $1,023^{\circ}\text{C}$ ) zwischen Kühen ohne ersichtlicher Verschmutzung (MW:  $38,3^{\circ}\text{C}$ ) und hochgradig verschmutzten Kühen ( $37,3^{\circ}\text{C}$ ) errechnet. Obwohl die Anzahl der hochgradig verschmutzten Kühe sehr gering war ( $n=32$ ) und die niedrigen Temperaturen Zufallswerte sein könnten, ist dennoch ein statistisch signifikanter, absteigender Trend in der Körpertemperatur bei zunehmend verschmutzten Tieren zu beobachten. Wie schon von Passarge (2013) vermutet, die sich diesbezüglich auf die Untersuchung von Röbner (2005) beruft, könnte die Wärmestrahlung bei zunehmendem Verschmutzungsgrad beeinträchtigt werden und folglich niedrigere Oberflächentemperaturen gemessen werden. Da in der vorliegenden Untersuchung Körperinnentemperaturen gemessen wurden und oben genannte Autoren in der Literatur davon ausgehen, dass bei stärkerer Verschmutzung die Wärmestrahlung nach außen behindert ist, so müssten folglich höhere Körperinnentemperaturen gemessen werden. Diese Vermutung kann also nicht vollends nachvollzogen werden und spielt für die Bewertung des Gesundheitsstatus der Kuh vermutlich keine bedeutende Rolle.

#### 5.2.8. *Haltungsbedingte Einflüsse auf den Gesundheitsstatus der Kuh*

In der Anbindehaltung, insbesondere in der Anbindehaltung ohne Weidegang, sind im prozentualen Vergleich die meisten *verschmutzten* Kühe zu verzeichnen. Dass eine stärkere Verschmutzung mit einer erhöhten Keimbelastung und verstärkten Immunglobulin-Produktion einhergeht, konnte Rütz (2010) in ihrer Studie belegen. Inwieweit aber bei diesen Tieren eine Gesundheitsgefährdung vorliegt, konnte nicht eindeutig geklärt werden. In der Literatur wird von einem möglichen gesundheits- und leistungsminderenden Zustand gesprochen, wenn mehr als 20,0% der gemessenen Immunglobuline außerhalb der Toleranzgrenzen liegen (Fürl, 2014). Die hier ermittelten Immunglobulin-Konzentrationen im Serum der Kühe ergaben keinen statistisch signifikanten Zusammenhang weder zum Haltungssystem noch zum Verschmutzungsgrad der Tiere. Deshalb kann nicht davon

ausgegangen werden, dass die in der Anbindehaltung stärker verschmutzten Kühe gleichzeitig in ihrer immunbiologischen und gesundheitlichen Verfassung beeinträchtigt sind. Vielmehr ist die große Bedeutung des einzelnen Betriebes zu berücksichtigen, in dem der Kuhbestand seinen betriebspezifischen Gesundheits- und Immunstatus aufweist, unabhängig von der Haltung und der damit verbundenen Eigenschaften und Folgewirkungen auf die Kühe.

Das durchschnittliche *Lebensalter* der Kühe ist unter den Tieren in der Anbindehaltung ohne Weidegang am geringsten. Zu Beginn der Studie wurden nach dem Zufallsprinzip zehn Kühe verschiedenen Alters pro Betrieb ausgewählt. Dass es in den sechs Betrieben aus der Anbindehaltung ohne Weidegang zu einer Häufung der 3-4-jährigen Kühe kommt, kann nicht nur dem Zufallsprinzip zugeordnet werden. Eine ähnliche Literaturstudie aus dem amerikanischen Raum kam zu dem Ergebnis, dass die Kühe aus der Anbindehaltung mit Weidegang und ohne TMR-Fütterung am ältesten wurden und die Abgangsraten innerhalb von 60 Laktationstagen sowie das Mortalitätsrisiko am geringsten war. Am schlechtesten schnitt die Laufstallhaltung ohne Weidegang ab (Dechow et al., 2011). Auch in der vorliegenden Studie haben die Kühe aus der Anbindehaltung mit Weidegang das höchste Lebensalter (25,4% der Kühe sind über acht Jahre alt).

Aus Tabelle 37 sind die *Abgangszahlen* während des Versuchsjahres in den vier verschiedenen Haltungssystemen zu entnehmen. Aufgrund der geringen Fallzahlen erfolgte diesbezüglich keine statistische Auswertung. Dennoch zeigt sich, dass insgesamt neun Kühe innerhalb eines Jahres aus den sechs Betrieben der Anbindehaltung ohne Weidegang sowie acht Tiere aus der Anbindehaltung mit Weidegang wegen den in der Tabelle 37 genannten Abgangsursachen gemerzt werden mussten. Als häufigste Abgangsursachen können Klauen- und Eutererkrankungen genannt werden. Vor allem die Anzahl der wegen Klauenerkrankungen gemerzter Kühe ist in der Anbindehaltung ohne Weidegang deutlich am höchsten. In der Literatur wird von einigen Autoren der positive Effekt der Bewegungsfreiheit im Laufstall und vor allem auf der Weide in Bezug auf Lahmheiten berichtet (Gustafson, 1993; Beaudeau et al., 2000). Demgegenüber konnte aber ebenso bei Laufstallhaltung ein größerer Prozentsatz von Klauenverletzungen- und Lahmheiten festgestellt werden als bei Kühen aus der Anbindehaltung (Sogstad et al., 2005; Hernandez-Mendo et al., 2008). Auch wenn die Tiere nur während der Nacht Zugang zur Weide haben -eine Tageszeit, die sie ohnehin mehr bevorzugen (Charlton et al., 2013)-, und tagsüber ihren Nährstoff- und Energiebedarf im Stall decken, wird laut Chapinal et al. (2012) die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Tiere nicht beeinflusst.

Auch wenn eine dauerhafte Anbindung das Sozial- und Pflegeverhalten sowie das explorative Verhalten der Kuh beeinträchtigt (Krohn, 1994), ist bei komfortablen und sauberen Ställen mit einem ausreichendem Futter- und Wasserangebot nicht unbedingt immer zwangsläufig von einer Gesundheitsgefährdung auszugehen (Popescu et al., 2013). In einem Punkt sind sich die meisten Autoren aber einig: Die Bedeutung der Bewegungsmöglichkeit, sei es in Laufhöfen, Paddock oder auf der Weide, auf die Gesundheit und das Wohlbefinden der Kuh, ist unermesslich und muss jeder einzelnen Kuh zur Befriedigung ihrer arttypischen Grundbedürfnisse gewährt werden (Krohn et al., 1992; Krohn und Munksgaard, 1993; Krohn, 1994; Popescu et al., 2013).

### 5.3. Schlussfolgerung

Die Zielsetzung der vorliegenden Studie war, eine Aussage über den Einfluss der Haltungsbedingungen auf den Immun- und Gesundheitsstatus von Kalb und Kuh zu treffen. Außerdem sollten jahreszeitliche Abhängigkeiten der hier vorgenommenen Messparameter untersucht werden.

Bei Auswertung der Immunglobulin-G-Konzentrationen im Serum der **Kälber** konnte bei unifaktorieller Betrachtung ein *haltungsbedingter* Unterschied festgestellt werden. Demnach wurde ein mittlerer IgG-Gehalt von 18,0 mg/ml der Kälber ermittelt, die aus den fünf Betrieben der Haltung Laufstall ohne Weidegang stammen. Die Kälber aus den Anbindehaltungen erreichten signifikant höhere mittlere IgG-Konzentrationen, wohingegen sich die geringfügig höhere durchschnittliche IgG-Konzentration der Kälber aus dem Laufstall mit Weidegang nicht signifikant unterschied. Ein IgG-Mittelwert von 18,0 mg/ml lässt nicht zwangsläufig auf eine mangelhafte Immunglobulin-Versorgung schließen. Bei Betrachtung der Anzahl der Kälber, die eine IgG-Konzentration von unter 10,0 mg/ml aufweisen, sind im Laufstall ohne Weidegang die wenigsten Kälber mit einem FPT zu verzeichnen. 15,9% (n=7) der Kälber aus dem Laufstall mit Weidegang, deren IgG-Gehalte eine Konzentration von mindestens 10,0 mg/ml nicht erreichten, wurden folglich nicht ausreichend mit Kolostrum versorgt oder weisen eine intestinale Resorptionsstörung auf. Dass jedoch die IgG-Konzentrationen der Kälber weniger vom Haltungsmanagement abhängen, sondern vielmehr vom betrieblichen Tränkemanagement, wird durch Einberechnung des Betriebes als Zufallseffekt deutlich. So konnte bei multifaktorieller Betrachtung festgestellt werden, dass mit einer Effektstärke von  $r^2=0,195$  (19,5%) der größte Einfluss auf die Serum-

IgG-Konzentration der Kälber vom einzelnen Betrieb selbst ausgeht. Vor allem in den Haltungen Laufstall mit Weidegang und Anbindehaltung mit Weidegang sind es einzelne Betriebe, die die erste Kolostrumaufnahme, insbesondere die Zeit und Menge der ersten Biestmilchtränke durch ihre Kälber nicht sicher und zuverlässig überwachen konnten. Zum Teil sind dies Betriebe, deren Kälber ungewollt noch auf der Weide nach der Kalbung Kolostrum vom Euter der Kuh aufnehmen. Zum Teil werden einzelne Kälber bewusst bei der Mutterkuh belassen, in der Hoffnung, dass diese selbst ausreichend mit Kolostralmilch versorgt werden. Prinzipiell spricht nichts gegen eine Kolostrumaufnahme direkt vom Euter der Kuh, diesbezüglich konnten einige Autoren eine ausreichende kolostrale IgG-Versorgung der Kälber belegen. Von großer Bedeutung ist die Überwachung der Kolostrumaufnahme durch das betreuende Personal und gegebenenfalls das Anbieten zusätzlicher Milchtränken via Saugflasche oder Eimer über den Tag verteilt. Bei Betrachtung der Toleranzgrenzen für das Immunglobulin-G der Kälber/Junggrinder nach Füll (2014), sind prozentual gesehen die meisten Immunglobulin-G-Werte der beprobten Fleckvieh-Kälber unterhalb der unteren Toleranzgrenze, die aus den Laufställen stammen. Dieser Zusammenhang ist aber nicht signifikant. Insgesamt ist festzuhalten, dass von den 171 ausgewerteten Blutproben zur Bestimmung der Serum-IgG-Konzentration beim Kalb (24.-90. Stunde post natum), 148 (86,5%) IgG-Werte auf eine ausreichende kolostrale IgG-Versorgung der Kälber hinweisen. Bezüglich der Ergebnisse des Blutbildes beim Kalb konnten signifikant höhere Hämoglobin- sowie Leukozyten-Konzentrationen bei den Kälbern festgestellt werden, die ihre erste Kolostrummahlzeit vom Euter der Kuh aufnahmen. Die Auswertung der Leberenzyme LDH, GLDH und  $\gamma$ -GT ergab, dass die ermittelten Konzentrationen hauptsächlich von Betrieb zu Betrieb variieren.

Daneben wurde bei Zwillingskälbern -neben einer signifikant geringeren gesamt aufgenommenen IgG-Menge - niedrigere Konzentrationen im roten Blutbild (Erythrozyten und Hämoglobin) sowie erhöhte Thrombozyten-Gehalte gemessen.

*Jahreszeitliche* Einflüsse konnten beim Kalb in Hinsicht auf die IgG-Gesamtaufnahme beobachtet werden. Somit nahmen die Kälber im Herbst signifikant größere mittlere IgG-Mengen aus dem ebenso im Herbst höher an IgG konzentriertem Kolostrum auf. Folglich wurden vor allem im Herbst höhere  $\gamma$ -GT-Konzentrationen im Serum der Kälber gemessen. Weiterhin konnte in der vorliegenden Studie festgestellt werden, dass die Kälber im Herbst zeitlich gesehen früher ihre erste Biestmilch aufnahmen. Die mittleren Hämoglobin-Konzentrationen waren bei den im Sommer geborenen Kälbern signifikant höher, als bei den

Kälbern, die in den anderen drei Jahreszeiten geboren wurden. Deshalb sollte gerade bei wärmeren Umgebungstemperaturen auf eine ausreichende Flüssigkeitsaufnahme durch die Kälber, gegebenenfalls mit zusätzlichem Wasserangebot, geachtet werden. Im Winter konnten höhere Thrombozyten-Gehalte beim Kalb wie auch bei der Kuh gemessen werden. Diese könnten zu Thrombozyten-Aggregationen führen und weitestgehend Thrombosen auslösen. Dieses Phänomen ist auch in der Humanmedizin bekannt. Inwieweit dieses Ergebnis die Gesundheit der Kälber bzw. Kühe gefährdet, kann hier nicht eindeutig geklärt werden. Erhöhte Thrombozyten-Gehalte können laut Literatur aber auch Indikatoren für eine bakterielle Infektion sein. Gerade in der kalten Jahreszeit wird von einer erhöhten Krankheitsinzidenz beim Mensch und auch beim Tier berichtet.

*Haltungsbedingte* Unterschiede ergaben sich im Hinblick auf die IgG-Konzentration im Kolostrum. Es wurden signifikant niedrigere kolostrale IgG-Konzentrationen der **Kühe** aus der Anbindehaltung ohne Weidegang gemessen. Möglicherweise ist dies mit einem höheren Prozentsatz jüngerer Tiere zu begründen. In der vorliegenden Studie konnte ein geringer Zusammenhang zwischen Anzahl der Laktationen und IgG-Konzentration im Kolostrum hergestellt werden. Dennoch können zahlreiche Autoren durch ihre Studien belegen, dass der IgG-Gehalt im Kolostrum mit steigender Anzahl der Laktation zunimmt. Insgesamt aber sind die gemessenen kolostralen IgG-Konzentrationen hauptsächlich vom einzelnen Betrieb, in dem die Kühe leben, abhängig. Ähnliches gilt für die Serum-IgG-Konzentration der Kühe. Jede Kuh wurde in jeder der vier Jahreszeiten sowie innerhalb 72 Stunden (n=152) bzw. 90 Stunden (n=9) post partum beprobt. Weder das Haltungssystem noch der post partale Zeitraum korrelieren mit der im Serum ermittelten mittleren IgG-Konzentration. Werden die Immunglobulin-Konzentrationen nach Toleranzgrenzen verteilt, so ergeben sich bei den Kühen, deren IgG-Gehalt im post partalen Zeitraum bestimmt wurde, häufiger Konzentrationen ober- oder unterhalb der Toleranzgrenzen, respektive der Kühe, die außerhalb des Partus beprobt wurden und deren IgG-Werte häufiger innerhalb der Toleranzgrenzen liegen. Auch in der Literatur werden im peripartalen Zeitraum je nach Trächtigkeits- bzw. Laktationsstadium, erhöhte bzw. erniedrigte IgG-Konzentrationen festgestellt. Werden die Haltungssysteme anhand der Serum-IgG-Konzentration der Kühe verglichen, so ergeben sich keine signifikanten Unterschiede. Die Möglichkeit zum Weidegang aber, die in 12 der insgesamt 23 Betriebe gegeben ist, hat einen signifikanten Einfluss auf den Immunstatus der Kühe. Betrachtet man die IgG-Gehalte der Kühe, die vor Weidegang beprobt wurden und vergleicht diese mit den IgG-Konzentrationen der gleichen

Kühe nach Weidegang, so befinden sich nach Weidegang signifikant mehr Tiere hinsichtlich ihrer Serum-IgG-Konzentration innerhalb der Toleranzgrenzen. Dieser Zusammenhang ist stark signifikant und untermauert die in der Literatur häufig festgestellten positiven Effekte von Weidegang. Letztendlich jedoch ist erneut der Betrieb von größter Bedeutung und hat den stärksten Einfluss auf den IgG-Gehalt im Serum der Kühe.

Weiterhin ergaben die Messungen der Blutparameter im roten und weißen Blutbild eine deutliche Hämokonzentration bzw. Leukozytose im post partalen Zeitraum. Dies wird in der Literatur mit dem Flüssigkeitsverlust nach der Kalbung und einer Dehydratation der Kühe begründet sowie im Falle der Leukozytose, auf eine erhöhte Cortisol-Konzentration zum Geburtszeitpunkt zurückgeführt. Während die LDH- und die  $\gamma$ -GT-Konzentrationen innerhalb 72 Stunden (bzw. 90 Stunden) post partum eine Aktivitäts-Steigerung erfahren, konnten, im Gegensatz zu den Ergebnissen einiger Literaturstudien, nach der Kalbung niedrigere GLDH-Gehalte im Serum gemessen werden.

Weder die Ergebnisse der Messungen der Parameter des Blutbildes, noch die Leberenzyme lassen eine Abhängigkeit vom Haltungssystem erkennen. Die Rolle des Betriebes als bedeutender Einflussfaktor, ist dagegen wiederum umso deutlicher ausgeprägt.

Nicht zu vernachlässigen sind *jahreszeitliche* Einflüsse: In der Literatur wird beschrieben, dass das Kolostrum höher an Immunglobulin-G konzentriert in der kalten Jahreszeit vorliegt. In der vorliegenden Studie wurden signifikant höhere kolostrale IgG-Gehalte im Herbst ermittelt. Dieser Zusammenhang ist im Vergleich mit den Werten, die im Winter und im Frühling gemessen wurden, signifikant. Auch in Bezug auf die Serum-IgG-Konzentration konnten im Herbst signifikant niedrigere Konzentrationen gemessen werden. Die Prozentsätze der Kühe, deren IgG-Werte innerhalb der Toleranzgrenzen liegen, sind im Herbst am größten (75,3%). Zu den anderen Jahreszeiten liegen um die 50,0% der Werte innerhalb der Toleranzgrenzen.

Im Winter wurden signifikant niedrigere Gehalte der Parameter des roten und weißen Blutbildes gemessen. Diese Ergebnisse widersprechen den in einigen Literaturstudien ermittelten Werten. Demnach sind Erythrozyten-, Hämoglobin- und Hämatokrit-Gehalte in der warmen Jahreszeit niedriger und in den kalten Wintermonaten am höchsten. In der warmen Jahreszeit würden die Tiere durch einen gesteigerten Flüssigkeitsverlust und folglich vermehrter Wasseraufnahme eine Hämodilution mit nachfolgender Abnahme der Konzentrationen im roten Blutbild bewirken. Die Thrombozyten-Konzentration hingegen ist - wie auch bei den Kälbern - im Winter am höchsten. Unter den Sommerproben waren die

Konzentrationen der LDH sowie der  $\gamma$ -GT im Vergleich zu den Proben der anderen drei Jahreszeiten signifikant höher. In der Literatur werden –zumindest in Bezug auf die LDH-Aktivität- bei im Sommer auf der Weide gehaltenen Kühen ebenfalls erhöhte Konzentrationen festgestellt. Die Autoren führen diese Aktivitätssteigerung auf körperliche Bewegung sowie eine veränderte Futterzusammensetzung zurück. Zusammenfassend unterliegen die ermittelten Konzentrationen der Leukozyten, Thrombozyten sowie Leberenzyme überwiegend starken betriebspezifischen Einflüssen. Hinsichtlich der Erythrozyten-Konzentration und des Hämatokrits wird auch der Verschmutzungsgrad im jeweiligen Betrieb als signifikanten Einflussfaktor mitberücksichtigt.

Die Langlebigkeit der Kühe bzw. geringe Mortalitätsraten sind anzustrebende Zielsetzungen eines nachhaltigen und tiergerechten Betriebsmanagements. Zahlreiche Studien befassten sich mit den derzeitigen Haltungssystemen in der Milchviehhaltung und wägen Vor- und Nachteile einer Anbindehaltung bzw. Laufstallhaltung ab. In dieser Studie konnte belegt werden, dass die Kühe in der Anbindehaltung ohne Weidegang das geringste durchschnittliche Lebensalter aufweisen sowie die größte Abgangszahl zu verzeichnen haben.

### ***Fazit***

Insgesamt ist festzuhalten, dass neben der *Haltung* der Tiere weitere Einflussfaktoren auf die Gesundheit und das Immunsystem der Kühe und Kälber, wie das betreuende Personal, qualitativ hochwertiges Futter- und Wasserangebot, saubere und ausreichend große Liegeflächen und die Bereitstellung eines Laufhofes, Paddocks oder einer Weide, von großer Bedeutung sind. Letzteres kann das artgemäße Bedürfnis der Kuh nach Bewegung gewährleisten. Die bei vielen gemessenen Blutparametern herausragende Bedeutung betriebsindividueller Merkmale und Einflussfaktoren, wurde bei Einberechnung des Betriebes, als weitere unabhängige Variable bei multifaktorieller Betrachtung, ersichtlich. Bezüglich der Untersuchungsergebnisse der **Kälber** werden die Serum-IgG-Konzentration ( $r^2=19,5\%$ ,  $p=0,002$ ), die aus dem Kolostrum gesamt aufgenommene IgG-Menge ( $r^2=25,9\%$ ,  $p=0,001$ ), die Laktatdehydrogenase-Konzentration ( $r^2=19,9\%$ ,  $p=0,001$ ) sowie die  $\gamma$ -Glutamyltransferase-Konzentration ( $r^2=16,3\%$ ,  $p=0,012$ ) in erster Linie von betriebspezifischen Eigenschaften und vom betriebsinternen Management beeinflusst. Bei der statistischen Auswertung der Blutergebnisse der **Kuh** können hauptsächlich betriebeigene Einflussfaktoren auf die IgG-Konzentration im Kolostrum ( $r^2=21,2\%$ ,  $p<0,001$ ), die IgG-Konzentration im Serum ( $r^2=42,6\%$ ,  $p=0,002$ ), die Erythrozyten-



Konzentration und der Hämatokrit in Kombination mit dem Verschmutzungsgrad der Tiere ( $r^2=10,3\%$ ,  $p<0,001$  bzw.  $r^2=6,2\%$ ,  $p=0,039$ ), die Leukozyten-Konzentration ( $r^2=49,3\%$ ,  $p=0,001$ ), die Thrombozyten-Konzentration ( $r^2=45,6\%$ ,  $p=0,001$ ), die Laktatdehydrogenase-Konzentration ( $r^2=33,6\%$ ,  $p=0,018$ ), die Glutamatdehydrogenase-Konzentration ( $r^2=62,1\%$ ,  $p<0,001$ ) sowie die  $\gamma$ -Glutamyltransferase-Konzentration ( $r^2=52,4\%$ ,  $p<0,001$ ) festgestellt werden. Letztendlich spielt die Haltung der Tiere als Einflussvariable auf den Gesundheits- und Immunstatus von Kuh und Kalb im Vergleich zur Bedeutung von betriebspezifischen Effekten auf die in der vorliegenden Studie untersuchten Blutparameter, eine geringfügige Rolle.

*Jahreszeitliche* Unterschiede unter den gemessenen Parametern konnten sowohl beim **Kalb** [Zeitpunkt der Kolostrumfütterung ( $p=0,033$ ), IgG-Gesamtaufnahme (g) aus dem Kolostrum ( $p=0,011$ ), Hämoglobin- ( $p=0,024$ ), Thrombozyten- ( $p=0,028$ ) und  $\gamma$ -Glutamyltransferase-Konzentration ( $p<0,001$ )] als auch bei der **Kuh** [Immunglobulin-G-Konzentration im Kolostrum ( $p=0,006$ ) und im Serum ( $p<0,001$ ), Parameter des roten ( $p<0,001$ - $0,033$ ) und weißen Blutbildes ( $p=0,027$ ), Thrombozyten-Konzentration ( $p=0,031$ ), Laktatdehydrogenase- ( $p=0,002$ ) und  $\gamma$ -Glutamyltransferase-Konzentration ( $p=0,020$ )] beobachtet werden. Die Möglichkeit zum Austrieb der Kühe auf Weideflächen im Sommer und Herbst, steht in engem Zusammenhang mit den jahreszeitlich bedingten Konzentrationsschwankungen. Dabei konnten bei den Kühen nach Weidegang (im Herbst) niedrigere Serum-IgG-Konzentrationen ( $p<0,001$ ) und Laktatdehydrogenase-Konzentrationen ( $p<0,001$ ), höhere kolostrale IgG-Konzentrationen ( $p=0,006$ ) sowie ein größerer Prozentsatz von Kühen mit Leukozyten-Konzentrationen innerhalb des Referenzbereiches ( $p=0,009$ ) gemessen werden. Somit konnte anhand einiger Messwerte ein deutlich positiver Effekt von Weidegang auf die Gesundheit und das Immunsystem der Kühe aufgezeigt werden.

## **6. ZUSAMMENFASSUNG**

---

### **Immun- und Gesundheitsstatus von Kalb und Kuh in Abhängigkeit von dem Haltungssystem und der Jahreszeit**

Während des Versuchszeitraumes von Februar 2013 bis Juni 2014 wurden nach dem Zufallsprinzip jeweils zehn Kühe aus insgesamt 23 oberbayerischen Milchviehbetrieben ausgewählt. Die Betriebe wurden nach vier verschiedenen Haltungssystemen unterteilt (Anbindehaltung ohne Weidegang: n=6; Laufstall ohne Weidegang: n=5, Anbindehaltung mit Weidegang: n=6, Laufstall mit Weidegang: n=6). Zu jeder Jahreszeit wurde von jeder Kuh zu diagnostischen Zwecken im Rahmen der tierärztlichen Bestandsbetreuung eine Blutprobe genommen und auf Serum-IgG, hämatologische Parameter sowie ausgewählte Leberenzyme untersucht. Außerdem sollten nur besamte bzw. bereits trächtige Kühe in den Versuch aufgenommen werden, da ebenso post partale Blutwerte der Kuh, einschließlich einer Kolostrumprobe ausgewertet sowie eine einmalige Beprobung der neugeborenen Kälber innerhalb 72 Stunden post natum mit nachfolgender Bestimmung der Laborparameter durchgeführt werden sollten.

Das Hauptanliegen dieser Studie bestand darin, den Immun- und Gesundheitsstatus von Kuh und Kalb anhand ausgewerteter Laborparameter zu beurteilen und eine mögliche Abhängigkeit von Haltungsbedingungen und jahreszeitlichen Einflüssen zu untersuchen.

Es konnten zum Teil haltungsabhängige Unterschiede in der Serum-IgG-Konzentration sowie der IgG-Gesamtaufnahme der Kälber festgestellt werden. Nur bezüglich einer Unterversorgung der Kälber an kolostralem IgG wurde keine haltungsbedingte Abhängigkeit verzeichnet. Insgesamt kann eine gute durchschnittliche IgG-Versorgung der Kälber festgehalten werden. Von 171 beprobten Kälbern (24.-90. Stunde post natum) wiesen 148 Kälber (86,5%) eine Serum-IgG-Konzentration von mindestens 10,0 mg/ml auf (MW: 21,3 mg/ml, n=171).

Die mittleren Serum-IgG-Gehalte der Kühe unterscheiden sich zwischen den vier verschiedenen Haltungssystemen nicht signifikant. Der Weidegang wirkt sich auf den Immunstatus der Kühe dahingehend positiv aus, dass die gemessenen IgG-Werte nach Weidegang in signifikant niedrigeren Konzentrationen vorlagen. Haltungsabhängige Unterschiede in hämatologischen Laborparametern und Leberenzymen, die Aufschluss über den Gesundheitsstatus der Tiere geben, konnten nicht festgestellt werden. Langlebigkeit und

Mortalitätsraten lassen einen haltungsbedingten Einfluss erkennen. Die Kühe aus der ganzjährigen Anbindehaltung hatten niedrigere durchschnittliche Lebensalter und die größte Anzahl gemerzter Kühe innerhalb eines Jahres.

Einige interessante Unterschiede in den Laborauswertungen konnten auf eine jahreszeitliche Abhängigkeit zurückgeführt werden. Im Herbst konnten im Mittel größere Gesamtaufnahmen von Immunglobulin-G (g) aus dem Kolostrum sowie höhere  $\gamma$ -GT-Konzentrationen im Serum der Kälber verzeichnet werden. Auch die kolostrale IgG-Konzentration war im Herbst am höchsten. Die Immunglobulin-G-Gehalte im Serum spiegeln den Immunstatus der Kühe einige Wochen vor der Beprobung wieder. Die im Herbst (nach Weidegang) beprobten Kühe wiesen signifikant geringere IgG-Gehalte im Serum auf. Die im Sommer geborenen Kälber wiesen signifikant höhere Hämoglobin-Konzentrationen sowie -wie gleichermaßen die Kühe- erhöhte Thrombozyten-Gehalte im Winter auf.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass Gesundheit und Immunsystem der Milchkühe weder durch Haltung in einer Anbindung noch in einem Laufstall begünstigt oder beeinträchtigt werden. Durch die in dieser Studie ermittelten hämatologischen Parameter und serologischen Enzymaktivitäten können keine haltungsbedingten Einflüsse festgestellt werden.

Jahreszeitlich bedingte Schwankungen in Bezug auf die Tageslichtlänge- und intensität, Umgebungstemperatur sowie Futterzusammensetzung beeinflussen bekanntlich Verhaltensweisen, Tagesabläufe, Sexualverhalten und Futteraufnahme der Tiere. Der Einfluss der Jahreszeit auf zahlreiche Laborparameter konnte auch in dieser Untersuchung bestätigt werden.

Letztendlich spielen haltungs- und jahreszeitlich bedingte Einflüsse auf die Gesundheit und das Immunsystem der Milchkühe sowie Kälber im Vergleich zu der Bedeutung, die der einzelne Betrieb einnimmt, eine untergeordnete Rolle. Vielmehr müssen zur Bewertung des Immun- und Gesundheitsstatus ebenso betriebsindividuelle Merkmale und Eigenschaften, wie z. B. Hygiene im Betrieb, Futterqualität und nicht zuletzt die individuelle Betreuung und Fürsorge der Tiere, mitberücksichtigt werden.

## 7. SUMMARY

---

### **The influence of different housing systems and season on immune status and health of dairy cows and calves**

The objectives of this study were to evaluate the immune and health status of Simmentaler-dairy cows and their calves held in different housing systems (six tie-stall barns without access to pasture, six tie-stall barns with access to pasture, five loose-stall barns without access to pasture, six loose-stall barns with access to pasture). Besides, possible seasonal effects on IgG-levels and haematological parameters should be investigated.

Over a period from February 2013 to June 2014 blood samples were collected in each season from an overall of 237 dairy cows (Simmentaler) out of 23 different farms. The cows, randomly chosen, were being expected to calve during this period of investigation and were sampled until the 72nd hour post partum. Jugular blood samples of 242 newborn calves obtained up to 72 hours post natum could be analysed as well as 231 colostrum samples. IgG-levels, haematological parameters and some enzyme activities were determined and possible effects of type of housing as well as season on these blood parameters and colostrum samples should be assessed.

Calves showed an average IgG-level of 21,3 mg/ml, which indicates a sufficient supply and passive transfer of colostral immunoglobulins. The type of housing in which the calves were born had on part some effects on their serum IgG-levels, whereas the cows' IgG-concentration as well as haematological parameters weren't influenced by their housing system. Only the cows that were given access to pasture showed lower IgG-levels after grazing season.

Among the cows living in tie-stall barns without access to pasture mortality rates were higher and average age was lower.

Some significant seasonal effects on blood parameters and colostral IgG-levels were found. Calves showed higher average amounts of IgG consumed with the first colostrum as well as higher serum  $\gamma$ -GT-activities in autumn. Furthermore mean colostral IgG-levels were highest in autumn, whereas IgG-levels in serum of cows sampled after grazing season (autumn) were lower than measured before given access to pasture. In summer higher haemoglobin-levels in calves could be detected as well as higher thrombocyte-levels in winter (in both calves and cows).

This study showed that neither immune function nor health status of the participating cows

depend on the type of housing. Seasonal variations of some blood parameters in dairy cows and their calves could be confirmed.

After all mainly farm-specific factors such as hygiene, food quality and the caring staff are playing a major role in the well-being of dairy cows and their calves.

## **8. EIDESSTATTLICHE VERSICHERUNG/ DECLARATION ON OATH**

---

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertationsschrift selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

*I hereby declare on oath, that I have written the present dissertation on my own and have not used other than the acknowledged resources and aids.*

München, den \_\_\_\_\_ Unterschrift/Signature \_\_\_\_\_  
(Anna Weingand)

## 9. LITERATURVERZEICHNIS

---

**Adams, G., Bush, L., Horner, J.** (1985). *Two methods for administering colostrum to newborn calves.* Journal of Dairy Science, 68 (773).

**Banks, K. L.** (1982). *Host defense in the newborn animal.* Journal of American Veterinary Medicine Association, 181, S. 1053-1056.

**Beaudeau, F., Seegers, H., Bareille, N., Fourichon, C.** (2000). *Risk factors for locomotor disorders in dairy herds.* Konferenzschrift: Proceedings of the Tenth International Congress on Animal Hygiene, Maastricht, The Netherlands.

**Bender, P.** (2004). *Bestimmung von Immunglobulin G und Immunglobulin M im Serum neugeborener Kälber während der ersten zehn Lebenstage unter besonderer Berücksichtigung der Darmgesundheit der Probanden sowie im Kolostrum derer Mütter mittels zweier neuartiger ELISAs.* Inaugural Dissertation med.vet., Justus-Liebig-Universität Gießen.

**Benysek, V., Kudlak, E.** (1971a). *The red blood picture in cows in the last month of pregnancy, during parturition and in the period of puerperium.* Acta Veterinaria Brno, 40, S. 177-185.

**Berglund, B., Oltner, R.** (1983). *Blood-levels of leucocytes, glucose, urea, creatinine, calcium, inorganic phosphorus and magnesium in dairy heifers from 3 months of age to calving.* Zentralblatt für Veterinärmedizin Reihe a. Animal Physiology Pathology and Clinical Veterinary Medicine., 30 (1), S. 59-71.

**Besser, T. E., Gay, C. C., Pritchett, L.** (1991). *Comparison of three methods of feeding colostrum to dairy calves.* Journal of American Veterinary Medicine Association., 198, S. 419-442.

**Bleul, U., Sobiraj, A.** (2001a). *Hämatologische Verlaufsuntersuchungen bei Rindern intra und post partum. Teil 1: Einfluss des Schweregrades der Geburt.* Tierärztliche Praxis, 29 (G), S. 276-283.

**Bostedt, H.** (1974). *Enzyme activities in the blood serum of cattle in the period before and following labor.* Tierärztliche Wochenschrift, Berlin/München, 87 (19), S. 365-371.

**Bostedt, H.** (1983). *Vergleichende Untersuchung über die Entwicklung des Enzymprofils im Blut von Kälbern und Lämmern in der neonatalen Adaptationsperiode.* Tierärztliche Wochenschrift, 96, S. 431-438.

**Bovine Alliance on Management and Nutrition.** (1995). *A guide to colostrum and colostrum management for dairy calves.* American Feed Industry Association, Arlington, VA

**Boyd, J. W.** (1989). *Relationships between acid-base balance, serum composition and colostrum absorption in newborn calves.* British Veterinary Journal, 145 (3), S. 249-256.

**Boyd, J. W., Baker, J. R.** (1974). *Neonatal diarrhoea in calves.* Veterinary Record, 95, S. 310-313.

**Brandon, M. R., Watson, D. L., Lascelles, A. K.** (1971). *The concentration of immunoglobulins in the blood serum and whey of dairy cows.* Australian Journal of Dairy Technology (December), S. 143-144.

**Braun, J. P., Tainturier, D., Laugier, C.** (1982). *Early variations of blood plasma gamma glutamyl transferase in newborn calves. A test of colostrum intake.* Journal of Dairy Science, 65, S. 2178-2181.

**British Columbia, University.** (2010). *What cows prefer: pasture and access to the barn.* University of British Columbia Research Reports, 10 (3).



**Bruckmaier, R.** (2015). Physiologie der Haustiere. In W. v. Engelhardt (Hrsg): *Laktation*. 7. Auflage. S. 600-601. Stuttgart: Verlag Enke.

**Brun-Hansen, H. C., Kampen, A. H., Lund, A.** (2006). *Haematologic values in calves during the first 6 months of life*. Veterinary Clinical Pathology, 35 (2), S. 182-187.

**Bünger, U., Kaphengst, P., Fiebig, U., Schönfelder, E., Jentsch, D., Pongé, J., Furcht, G.** (1980). *Untersuchungen zur Anämie bei männlichen Aufzuchtälbern*. Archiv für Tierernährung, 30 (7-8), S. 611-631.

**Burow, E., Thomsen, P. T., Sørensen, J. T., Rousing, T.** (2011). *The effect of grazing on cow mortality in Danish dairy herds*. Preventive Veterinary Medicine, 100 (3-4), S. 237-241.

**Burton, Hosein, A. A., Grieve, D. G., Wilkie, B. N.** (1984). *Immunoglobulin absorption in calves as influenced by dietary protein intakes of their dams*. Canadian Journal of Animal Science, 64 Suppl., S. 185-186.

**Buschmann, H.** (1990). Neugeborenen- und Säuglingskunde der Tiere. In K. Walser und H. Bostedt (Hrsg): *Infektionsabwehr*. S. 33-35. Stuttgart: Verlag Enke.

**Bush, L. J., Staley, T. E.** (1980). *Absorption of Colostral Immunoglobulins in Newborn Calves I*. Journal of Dairy Science, 63 (4), S. 672-680.

**Butler, J. E.** (1973). *Synthesis and Distribution of Immunoglobulins*. Journal of American Veterinary Medicine Association, 163, S. 795-798.

**Butler, J. E.** (1983). *Bovine immunoglobulins: An augmented review*. Veterinary Immunology and Immunopathology, 4 (1-2), S. 43-152.

**Butler, J. E., Heyermann, H., Frenyo, L. V., Kiernan, J.** (1987). *The heterogeneity of bovine IgG2. II. The identification of IgG2b*. Immunology Letters, 16, S. 31-38.

**Casella, S., Scianò, S., Zumbo, A., Monteverde, V., Fazio, F., Piccione, G.** (2013). *Effect of seasonal variations in Mediterranean area on haematological profile in dairy cow*. *Comparative Clinical Pathology*, 22 (4), S. 691-695.

**Chapinal, N., Sewalem, A., Miglior, F.** (2012). *Short communication: Estimation of genetic parameters for gait in Canadian Holstein cows*. *Journal of Dairy Science*, 95, S. 7372-7376.

**Charlton, G. L., Rutter, S. M., East, M., Sinclair, L. A.** (2013). *The motivation of dairy cows for access to pasture*. *Journal of Dairy Science*, 96 (7), S. 4387-4396.

**Charlton, G. L., Rutter, S. M., East, M., Sinclair, L. A. a.** (2011a). *Preference of dairy cows: Indoor cubicle housing with access to a total mixed ration vs. access to pasture*. *Applied Animal Behaviour Science*, 130, S. 1-9.

**Collier, R. J., Dahl, G. E., Van Baale, M. J.** (2006). *Major Advances associated with environmental effects on dairy cattle*. *Journal of Dairy Science* (89), S. 1244-1253.

**Conneely, M., Berry, D. P., Murphy, J. P., Lorenz, I., Doherty, M. L., Kennedy, E.** (2014). *Effect of feeding colostrum at different volumes and subsequent number of transition milk feeds on the serum immunoglobulin G concentration and health status of dairy calves*. *Journal of Dairy Science*, 97 (11), S. 6991-7000.

**Cozzi, G., Ravarotto, L., Gottardo, F., Stefani, A. L., Contiero, B., Moro, L., Dalvit, P.** (2011). *Short communication: Reference values for blood parameters in Holstein dairy cows: Effects of parity, stage of lactation, and season of production*. *Journal of Dairy Science*, 94 (8), S. 3895-3901.

**de Kruif, A., Mansfeld, R., Hoedemaker, M.** (2007). *Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind. Gliedmaßengesundheit*. Stuttgart: Verlag Enke.

**Dechow, C., Smith, E., Goodling, R.** (2011). *The effect of management system on mortality and other welfare indicators in Pennsylvania dairy herds*. *Animal Welfare*, 20, S. 145-158.

**DeNise, S., Robison, J., Stott, G., Armstrong, D.** (1989). *Effects of passive immunity on subsequent production in dairy heifers.* . Journal of Dairy Science, 72, S. 552-554.

**Detilleux, J. C., Kehrli Jr, M. E., Stabel, J. R., Freeman, A. E., Kelley, D. H.** (1995). *Study of immunological dysfunction in periparturient Holstein cattle selected for high and average milk production.* Veterinary Immunology and Immunopathology, 44 (3–4), S. 251-267.

**Devery-Pocius, J. E., Larson, B. L.** (1983). *Age and Previous Lactations as Factors in the Amount of Bovine Colostral Immunoglobulins I.* Journal of Dairy Science, 66 (2), S. 221-226.

**Dilov, P., Antonov, S., Lalov, K. H.** (1981). *Incidence of anemia in newborn calves.* Veterinaro-meditsinski Nauki, 18 (10), S. 56-64.

**do Amaral, B. C., Connor, E. E., Tao, S., Hayen, M. J., Bubolz, J. W., Dahl, G. E.** (2011). *Heat stress abatement during the dry period influences metabolic gene expression and improves immune status in the transition period of dairy cows.* Journal of Dairy Science, 94 (1), S. 86-96.

**Donovan, G. A., Badinga, L., Collier, R. J., Wilcox, C. J., Braun, R. K.** (1986). *Factors Influencing Passive Transfer in Dairy Calves I.* Journal of Dairy Science, 69 (3), S. 754-759.

**Dosogne, H., Burvenich, C., Freeman, A. E., Kehrli Jr, M. E., Detilleux, J. C., Sulon, J., . Hoebe, D.** (1999). *Pregnancy-associated glycoprotein and decreased polymorphonuclear leukocyte function in early post-partum dairy cows.* Veterinary Immunology and Immunopathology, 67 (1), S. 47-54.

**Egli, C. P., Blum, J. W.** (1998). *Clinical, haematological, metabolic and endocrine traits during the first three months of life of suckling simmentaler calves held in a cow-calf operation.* Journal of Veterinary Medicine Series A, 45, S. 99-118.

**Erhard, M. H., Amon, P., Nüske, S., Stangassinger, M.** (1999a). *Studies on the systemic availability of maternal and endogeneously produced immunoglobulin G1 and G2.* Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 81 (4/5).

**Erhard, M. H., Amon, P., Younan, M., Ali, Z., Stangassinger, M.** (1999b). *Absorption and Synthesis of Immunoglobulins G in Newborn Calves.* Reproduction in Domestic Animals, 34 (3/4), S. 173.

**Erhard, M. H., Heyn, E.** (2003). *Optimierung der Immunglobulinversorgung beim Kalb.* Bayerische Landestierärztekammer (Hrsg.), S. 71-72.

**Erhard, M. H., Leuzinger, K., Stangassinger, M.** (2000). *Untersuchungen zur prophylaktischen Wirkung der Verfütterung eines Probiotikums und von erregerspezifischen Kolostrum- und Dotterantikörpern bei neugeborenen Kälbern.* Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 84 (3/4), S. 85-94.

**Erhard, M. H., Lösch, U., Stangassinger, M.** (1995). *Untersuchungen zur intestinalen Absorption von homologem und heterologem Immunglobulin G bei neugeborenen Kälbern.* Zeitschrift für Ernährungswissenschaft, 34, S. 160-163.

**Falk, S.** (2004). *Ergebnisse der vergleichenden Untersuchungen zu den Einflüssen der Stall- und Weidehaltung während der Jungrinder- und Färsenaufzuchtphase auf Wachstum, Fruchtbarkeit, Gesundheit, Milchleistung und Nutzungsdauer von Milchkühen.* Dissertation, Dr.rer.agr., Humboldt-Universität, Berlin.

**Filteau, V., Bouchard, E., Fecteau, G., Dutil, L., Dutremblay, D.** (2003). *Health status and risk factors associated with failure of passive transfer of immunity in newborn beef calves in Quebec.* Canadian Veterinary Journal, 44, S. 907-913.

**Fisher, D. D., Wilson, L. L., Scholz, R. W.** (1980). *Environmental and genetic effects on hematologic characteristics of beef cows.* American Journal of Veterinary Research, 41 (9), S. 1533-1536.

**Franklin, S. T., Amaral-Phillips, D. M., Jackson, J. A., Campbell, A. A.** (2003). *Health and performance of Holstein calves that suckled or were hand-fed colostrum and were fed one of three physical forms of starter*. Journal of Dairy Science, 86, S. 1503-1512.

**Frerking, H., Blesenkemper, E., Peters-Borg, A.** (1983). *Enzymuntersuchungen bei bis zu drei Monate alten Kälbern sowie Ergebnisse der Faktorenanalyse*. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift, 90, S. 8-12.

**Frerking, H., Buhr-Pohlmann, C., Heyn, W.** (1990). *Untersuchungen über Todesursachen bei Kälbern in Norddeutschland*. Tierärztliche Umschau, 45 (9), S. 640.

**Fürll, M.** (2014). Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin. In A. Moritz (Hrsg): *Spezielle Untersuchungen beim Wiederkäuer*. 7. Auflage. S. 726-774. Stuttgart: Verlag Schattauer GmbH.

**Gallerani, M., Reverberi, R., Salmi, R., Smolensky, M. H., Manfredini, R.** (2013). *Seasonal variation of platelets in a cohort of Italian blood donors: a preliminary report*. European Journal of Medical Research, 18 (1), S. 31-31.

**Gay, C. C.** (1983). *Failure of passive transfer of colostral immunoglobulin and neonatal disease in calves: A review*. Konferenzschrift: Proceedings of the fourth international symposium of neonatal diarrhea, Saskatoon.

**Gay, C. C., McGuire, T. C., Parish, S. M.** (1983). *Seasonal variation in passive transfer of immunoglobulin G1 to newborn calves*. Journal of American Veterinary Medicine Association, 183, S. 566-568.

**Godden, S. M., Haines, D. M., Konkol, K., Peterson, J.** (2009). *Improving passive transfer of immunoglobulins in calves. II: Interaction between feeding method and volume of colostrum fed*. Journal of Dairy Science, 92 (4), S. 1758-1764.

**Goff, G. P., Horst, L. R.** (1997). *Physiological changes at parturition and their relationship to metabolic disorders*. Journal of Dairy Science, 80, S. 1260-1268.

**Grant, D. A., Fewell, J. E., Walker, A. M., Wilkinson, M. H.** (1997). *Oxygen transport and utilization during feeding in the young lamb*. The Journal of Physiology, 503 (Teil 1), S. 195-202.

**Gründer, H.** (2006). Innere Medizin und Chirurgie des Rindes. In G. Dirksen, H. Gründer und M. Stöber (Hrsg): *Krankheiten des Blutes*. Berlin/Hamburg: Verlag Paul Parey.

**Grunert, E.** (1993). Tiergeburtshilfe. In E. Grunert und K. Arbeiter (Hrsg): *Das normale Puerperium*. Berlin/Hamburg: Verlag Paul Parey.

**Guidry, A. J., Butler, J. E., Pearson, R. E., Weinland, B. T.** (1980). *IgA, IgG1, IgG2, IgM, and BSA in serum and mammary secretion throughout lactation*. Veterinary Immunology and Immunopathology, 1 (4), S. 329-341.

**Guidry, A. J., Paape, M. J., Pearson, R. E.** (1976). *Effect of parturition and lactation on blood and milk cell concentrations, corticosteroids and neutrophil phagocytosis in the cow*. American Journal of Veterinary Research, 37, S. 1195-1200.

**Gürtler, H., Schweigert, F. J.** (2000). Physiologie der Haustiere. In W. v. Engelhardt und G. Brewes (Hrsg): *Physiologie der Laktation*. 1. Auflage. S. 590-593. Stuttgart: Verlag Enke.

**Gustafson, G. M.** (1993). *Effects of daily exercise on the health of tied dairy cows*. Preventive Veterinary Medicine, 17, S. 209-223.

**Gustafson, G. M.** (1995). *Effect of daily exercise on the getting up and lying down behaviour of tied dairy cows*. Preventive Veterinary Medicine, 25,27 (3613), S. 234-242.

**Hajimohammadi, A., Nazifi, S., Ansari-Lari, M., Khoshmanzar, M., Bigdeli, S.** (2013). *Identifying relationships among acute phase proteins (haptoglobin, serum amyloid A, fibrinogen, ceruloplasmin) and clinical findings in dairy calf diarrhea*. Comparative Clinical Pathology, 22 (2), S. 227-232.

**Haser, D., Fürll, M.** (2015). *Altersabhängige Veränderungen antioxidativer Parameter bei gesunden Kälbern zwischen dem 1. Lebenstag und dem 18. Lebensmonat.* Tierärztliche Praxis Großtiere, 43 (G), S. 5-13.

**Hawkey, C., Hart, M., Bennett, P., Gascoyne, S., Knight, J., Kirkwood, J.** (1990). *Diagnostic value of platelet counts in mammals.* Veterinary Record, 127 (1), S. 18.

**Heindl, F. C.** (2012). *Referenzwerte für das rote Blutbild und das Differentialblutbild neugeborener Kälber.* Inaugural Dissertation med.vet., LMU München, .

**Hernandez-Mendo, O., Keyserlingk, M. v., Veira, D., Weary, D.** (2008). *Lame cows improve when given access to pasture.* University of British Columbia Research Reports, 8 (3).

**Herr, M., Bostedt, H., Failing, K.** (2011). *IgG and IgM levels in dairy cows during the periparturient period.* Theriogenology, 75 (2), S. 377-385.

**Hewett, C.** (1974). *On the causes and effects of variations in the blood profile of swedish dairy cattle.* Acta Veterinaria Scandinavica, 50, S. 1-152.

**Heyn, E.** (2002). *Vergleichende Untersuchungen zur kolostralen IgG-Versorgung neugeborener Kälber unter verschiedenen Haltungsbedingungen.* Inaugural Dissertation med.vet., LMU München, Tierärztliche Fakultät.

**Hockenbeck, W. S.** (1980). *Zur Erkrankungshäufigkeit neugeborener Kälber und deren Beeinflussung durch Präventivmassnahmen.* Inaugural Dissertation med.vet., Tierärztliche Hochschule Hannover.

**Hoedemaker, M., Prange, D., Zerbe, H., Frank, J., Daxenberger, A., Meyer, H. H. D.** (2004). *Peripartal Propylene Glycol Supplementation and Metabolism, Animal Health, Fertility and Production in Dairy Cows.* Journal of Dairy Science, 87 (7), S. 2136-2145.

**Hoops, M.** (2007). *Peripartaler Stoffwechsel und Morbidität bei Hochleistungskühen während eines Jahres.* Inaugural Dissertation med.vet., Universität Leipzig.

**Hopkins, B. A., Quigley, J. D.** (1997). *Effects of method of colostrum feeding and colostrum supplementation on concentrations of immunoglobulin G in the serum of neonatal calves.* Journal of Dairy Science, 80, S. 979-983.

**Horn, J.** (2013). *Konzentration der Immunglobuline IgG1, IgG2 und IgM im peripartalen Zeitraum bei Hochleistungsmilchkühen unter Berücksichtigung der Energiebilanz sowie der Fütterung mit konjugierten Linolsäuren.* Inaugural Dissertation med.vet., Tierärztliche Hochschule Hannover.

**Hough, R. L., McCarthy, F. D., Kent, H. D., Eversole, D. E., Wahlberg, M. L.** (1990). *Influence of nutritional restriction during late gestation on production measures and passive immunity in beef cattle.* Journal of Animal Science, 68, S. 2622-2627.

**Hugi, D., Blum, J. W.** (1997). *Changes of blood metabolites and hormones in breeding calves associated with weaning.* Journal of Veterinary Medicine Series A, 44 (1-10), S. 99-108.

**Hussain, A. M., Daniel, R. C. W.** (1992). *Phagocytosis by uterine fluid and blood neutrophils and haematological changes in postpartum cows following normal and abnormal parturition.* Theriogenology, 37, S. 1253-1267.

**Hussein, H., Abd Ellah, M. R.** (2008). *Effects of dystocia, fetotomy and caesarian sections on the liver enzymes activities and concentrations of some serum biochemical parameters in dairy cattle.* Animal Reproduction Science, 105 (3-4), S. 384-391.

**Jain, A. K., Bide, R. W.** (1985). *Seasonal changes in the plasma isoenzymes of lactate: NADH oxidoreductase in Hereford cows under range conditions.* Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry, 82 (4), S. 837-839.



**Jaster, E. H.** (2005). *Evaluation of Quality, Quantity, and Timing of Colostrum Feeding on Immunoglobulin G1 Absorption in Jersey Calves*. Journal of Dairy Science, 88 (1), S. 296-302.

**Jeremy, J. Y., Mikhailidis, D. P., Hutton, R. A., Dandona, P.** (1988). *The effect of cooling on in vitro vascular prostacyclin and platelet thromboxane A2 synthesis: relevance to cold-induced pathology*. Microcirc Endothelium Lymphatics, 4 (1), S. 3-20.

**Jessen, C.** (2000). Physiologie der Haustiere. In W. v. Engelhardt und G. Breves (Hrsg): *Wärmebilanz und Temperaturregulation*. 1. Auflage. S. 467-481. Stuttgart: Verlag Enke.

**Jezek, J., Nemec, M., Malovrh, T., Klinkon, M.** (2010). *Indicators of passive immunity and health status of calves*. Acta Veterinaria-Beograd, 60 (5-6), S. 513-523.

**Johnson, H. D., Vanjonack, W. J.** (1975). *Effects of environmental and other stressors on blood hormone patterns in lactating animals*. Journal of Dairy Science, 59 (9).

**Kacskovics, I., Wu, Z., Simister, N. E., Frenyó, L. V., Hammarström, L.** (2000). *Cloning and Characterization of the Bovine MHC Class I-Like Fc Receptor*. The Journal of Immunology, 164 (4), S. 1889-1897.

**Kaske, M., Kehler, W., Schuberth, H. J.** (2003). *Kolostrumversorgung von Kälbern*. Nutztierpraxis Aktuell, 4, S. 12-18.

**Kaske, M., Werner, A., Schuberth, H. J., Rehage, J., Kehler, W.** (2005). *Colostrum management in calves: Effects of drenching vs. bottle feeding*. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 89, S. 151-157.

**Kaspers, B., Göbel, T.** (2015). Physiologie der Haustiere. In W. v. Engelhardt (Hrsg): *Blut-Immunabwehr*. 4. Auflage. S. 219-236. Stuttgart: Verlag Enke.

**Kaufmann, T.** (2012). *Kolostrum ist nicht gleich Kolostrum*. UFA Review, 10, S. 54-55.

**Kehrli, M. E., Burton, J. L., Nonnecke, B. J., Lee, E. K.** (1999). *Effects of stress on leukocyte trafficking and immune responses: Implications for vaccination*. In D. S. Roland (Hrsg): *Advances in Veterinary Medicine*. S. 61-81: Verlag Academic Press.

**Kehrli, M. E., Jr., Nonnecke, B. J., Roth, J. A.** (1989). *Alterations in bovine neutrophil function during the periparturient period*. *American Journal of Veterinary Research*, 50 (2), S. 207-214.

**Kim, I. H., Na, K. J., Yang, M. P.** (2005). *Immune response during the peripartum period in dairy cows with post-partum endometritis*. *Journal of Reproduction and Development*, 51, S. 757-764.

**Klee, W.** (1985). *Untersuchungen über die Nierenfunktion bei gesunden und bei an akutem Durchfall erkrankten Kälbern*. München, Habil.-Schrift, LMU München.

**Knowles, T. G., Edwards, J. E., Bazeley, K. J., Brown, S. N., Butterworth, A., Warriss, P. D.** (2000). *Changes in the blood biochemical and haematological profile of neonatal calves with age*. *Veterinary Record*, 147 (21), S. 593-598.

**Kohli, E.** (1987). *Auswirkungen des Kuhtrainers auf das Verhalten von Milchvieh*. *Praktischer Tierarzt*, 68, S. 34-44.

**Kraft, Dürr.** (1997). *Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin*. Stuttgart: Verlag Schattauer.

**Kraft, W.** (2005). *Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin*. In W. Kraft und U. Dürr (Hrsg): *Referenzbereich, "Normalbereich", "Normbereich", "Normalwert"*. 6. Auflage. S. 1-6. Stuttgart: Verlag Schattauer.

**Krohn, C. C.** (1994). *Behaviour of dairy cows kept in extensive (loose housing/pasture) or intensive (tie stall) environments. III. Grooming, exploration and abnormal behaviour*. *Applied Animal Behaviour Science*, 42 (2), S. 73-86.

**Krohn, C. C., Munksgaard, L.** (1993). *Behaviour of dairy cows kept in extensive (loose housing/pasture) or intensive (tie stall) environments II. Lying and lying-down behaviour.* Applied Animal Behaviour Science, 37 (1), S. 1-16.

**Krohn, C. C., Munksgaard, L., Jonassen, B.** (1992). *Behaviour of dairy cows kept in extensive (loose housing/pasture) or intensive (tie stall) environments I. Experimental procedure, facilities, time budgets — diurnal and seasonal conditions.* Applied Animal Behaviour Science, 34 (1–2), S. 37-47.

**Kruse, V.** (1970). *Absorption of immunoglobulin from colostrum in newborn calves.* Animal Production, 12 (627).

**Kühne, S., Hammon, H. M., Bruckmaier, R. M., Morel, C., Zbinden, Y., Blum, J. W.** (2000). *Growth performance, metabolic and endocrine traits, and absorptive capacity in neonatal calves fed either colostrum or milk replacer at two levels.* Journal of Animal Science, 78, S. 609-620.

**Kumar, B., Pachauri, S. P.** (2000). *Haematological profile of crossbred dairy cattle to monitor herd health status at medium elevation in central himalayas.* Research of Veterinary Science, 69, S. 141-145.

**Kume, S.-I., Tanabe, S.** (1994). *Effect of Twinning and Supplemental Iron-saturated Lactoferrin on Iron Status of Newborn Calves.* Journal of Dairy Science, 77 (10), S. 3118-3123.

**Kume, S.-I., Tanabe, S.** (1996). *Effect of Supplemental Lactoferrin with Ferrous Iron on Iron Status of Newborn Calves.* Journal of Dairy Science, 79 (3), S. 459-464.

**Kurz, M. M., Willett, L. B.** (1991). *Carbohydrate, enzyme, and haematology dynamics in newborn calves.* Journal of Dairy Science, 74 (7), S. 2109-2118.

**Lack, P.** (2006). *Bestimmung von Immunglobulin G und M im Serum neugeborener Kälber während der ersten zehn Lebenstage unter besonderer Berücksichtigung des Fütterungsregimes*. Inaugural Dissertation med.vet., Universität Gießen.

**Lambrecht, G., Frerking, H., Henkel, E.** (1982). *Bestimmung von IgG, IgA und IgM im Erstkolostrum des Rindes mit Hilfe der Nephelometrie und der radialen Immundiffusion unter besonderer Berücksichtigung von Jahreszeit, Laktationsnummer und Vererbung*. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift, 89, S. 33-40.

**Larson, B. L., Heary, H. L., Devery, J. E.** (1980). *Immunoglobulin production and transport by the mammary gland*. Journal of Dairy Science, 63, S. 665-671.

**Lecce, J. G., Morgan, D. O.** (1962). *Effect of dietary regimen on cessation of intestinal absorption of large molecules (closure) in neonatal pigs and lambs*. Nutrition, 78 (265).

**Lee, J. A., Roussel, J. D., Beatty, J. F.** (1976). *Effect of Temperature-Season on Bovine Adrenal Cortical Function, Blood Cell Profile, and Milk Production*. Journal of Dairy Science, 59 (1), S. 104-108.

**Leech, F. B., MacRae, W. D., Menziess, D. W.** (1968). *Calf wastage and husbandry in Britain, 1962-1963*. H.M.S.O. London, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food.

**Legrand, A. L., von Keyserlingk, M. A. G., Weary, D. M.** (2009). *Preference and usage of pasture versus free-stall housing by lactating dairy cattle*. Journal of Dairy Science, 92 (8), S. 3651-3658.

**Lipp, K.** (2005). *Feldstudie zur kolostalen Immunglobulin-Versorgung neugeborener Kälber in Abhängigkeit von der Verweildauer bei der Mutter*. Inaugural Dissertation med.vet., LMU München.

**Lomborg, S. R., Nielsen, L. R., Heegaard, P. M. H., Jacobsen, S.** (2008). *Acute phase proteins in cattle after exposure to complex stress*. Veterinary Research Communications, 32 (7), S. 575-582.

**Lösch, U., Cihak, S., Erhard, M. H., Kaspers, B.** (2000). Physiologie der Haustiere. In W. v. Engelhardt und G. Brewes (Hrsg): *Blut und Abwehr*. 1. Auflage. S. 204-216. Stuttgart: Verlag Enke.

**Mao, X. Z., et al.** (1994). *The development changes and correlations of some blood hormone levels and immune indexes during the postnatal period in neonatal calves*. Journal of Veterinary Medicine Series A, 41 (1-10), S. 405-412.

**Maunsell, F. P., Morin, D. E., Constable, P. D., Hurley, W. L., McCoy, G. C., Kakoma, I., Isaacson, R. E.** (1998). *Effects of mastitis on the volume and composition of colostrum produced by Holstein cows*. Journal of Dairy Science, 81, S. 1291-1299.

**Mazzullo, G., Rifici, C., Caccamo, G., Rizzo, M., Piccione, G.** (2014a). *Effect of different environmental conditions on some haematological parameters in cow*. Annals of Animal Science, 14 (4), S. 947-954.

**Mazzullo, G., Rifici, C., Lombardo, S. F., Agricola, S., Rizzo, M., Piccione, G.** (2014b). *Seasonal variations of some blood parameters in cow*. Large Animal review, 20 (2), S. 81-84.

**McGuire, T. C., Pfeifer, N. E., Weikel, J. M., Bartsch, R. C.** (1976). *Failure of colostral immunoglobulin transfer in calves dying from infectious disease*. Journal of American Veterinary Medicine Association, 169, S. 713-718.

**McGuirk, S. M., Collins, M.** (2004). *Managing the production, storage and delivery of colostrum*. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, 20, S. 593-603.

**McMorran, E. K.** (2006). *Bundesweite Untersuchung zur kolostralen Versorgung neugeborener Kälber*. Inaugural Dissertation med.vet., LMU München.

**Mehrzhad, J., Dosogne, H., Meyer, E., Heyneman, R., Burvenich, C.** (2001). *Respiratory burst activity of blood and milk neutrophils in dairy cows during different stages of lactation*. Journal of Dairy Research, 68 (03), S. 399-415.

**Mehrzhad, J., Duchateau, L., Pyörälä, S., Burvenich, C.** (2002). *Blood and Milk Neutrophil Chemiluminescence and Viability in Primiparous and Pluriparous Dairy Cows During Late Pregnancy, Around Parturition and Early Lactation*. Journal of Dairy Science, 85 (12), S. 3268-3276.

**Menn, M. T.** (2006). *Auswirkungen des Hypoxietrainings von Maultieren und Haflingern auf den oxidativen Stress und die physische Leistungsfähigkeit*. Inaugural Dissertation med.vet., LMU München.

**Mirzadeh, K., Tabatabaei, S., Bojarpour, M., Mamoei, M.** (2010). *Comparative study of haematological parameters according strain, age, sex, physiological status and season in Iranian cattle*. Journal of Animal and Veterinary Advances, 9, S. 2123-2127.

**Mischke, R.** (2014). *Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin*. In A. Moritz (Hrsg): *Hämostase*. Stuttgart: Verlag Schattauer.

**Mohri, M., Sharifi, K., Eidi, S.** (2007). *Hematology and serum biochemistry of Holstein dairy calves: Age related changes and comparison with blood composition in adults*. Research in Veterinary Science, 83, S. 30-39.

**Molz, C.** (1989). *Beziehungen zwischen haltungstechnischen Faktoren und Schäden beim Milchvieh in Boxenlaufställen*. Inaugural Dissertation med.vet., LMU München.

**Moore, M., Tyler, J. W., Chigerwe, M., Dawes, M. E., Middleton, J. R.** (2005). *Effect of delayed colostrum collection on colostral IgG concentration in dairy cows*. Journal of American Veterinary Medicine Association, 226 (8), S. 1375-1377.

**Moreira da Silva, S., Burvenich, C., Massart-Lee, A.** (1998). *Assessment of blood neutrophil oxidative burst activity in dairy cows during the period of parturition*. Animal Science, 67, S. 421-426.

**Morin, D. E., McCoy, G. C., Hurley, W. L.** (1997). *Effects of Quality, Quantity, and Timing of Colostrum Feeding and Addition of a Dried Colostrum Supplement on*

*Immunoglobulin G1 Absorption in Holstein Bull Calves*. Journal of Dairy Science, 80 (4), S. 747-753.

**Moritz, A., Schwendenwein, I., Kraft, W.** (2014). Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin. In A. Moritz (Hrsg): *Hämatologie*. 7. Auflage. S. 79-156. Stuttgart: Verlag Schattauer GmbH.

**Müller, E.** (2014). Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin. In A. Moritz (Hrsg): *Klinische Mikrobiologie*. 7. Auflage. S. 595-596. Stuttgart: Verlag Enke.

**Muller, L. D., Ellinger, D. K.** (1981). *Colostrum immunoglobulin concentrations among breeds of dairy cattle*. Journal of Dairy Science, 64, S. 1727-1730.

**Nagahata, H., Makino, S., Takeda, S., Takahashi, H., Noda, H.** (1988). *Assessment of neutrophil function in the dairy cow during the perinatal period*. Journal Veterinary Medicine, B 35, S. 747-751.

**Nakagawa, S., Cuthill, I. C.** (2007). *Effect size, confidence interval and statistical significance: a practical guide for biologists*. Biological Reviews, 82, S. 591-605.

**Nardone, A., Lacetera, N., Bernabucci, U., Ronchi, B.** (1997). *Composition of colostrum from dairy heifers exposed to high air temperatures during late pregnancy and the early postpartum period*. Journal of Dairy Science, 80, S. 838-844.

**Nelson, R. J., Demas, G. E.** (1996). *Seasonal changes in immune function*. The quarterly review of biology, 71 (4), S. 511-548.

**Neumann, S.** (2014). Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin. In A. Moritz (Hrsg): *Leber*. 7. Auflage. S. 250-274. Stuttgart: Verlag Schattauer GmbH.

**Noonan, T. R., Cross, F. H., Reynolds, R. A., Murphree, R. L.** (1978). *Effects of age, season, and reproductive activity on hemograms of female Hereford cattle*. American Journal of Veterinary Research, 39 (3), S. 433-440.

**Olson, D. P., Papasian, C. J., Ritter, R. C.** (1980). *The effects of cold stress on neonatal calves. II. Absorption of colostral immunoglobulins.* Canadian Journal of Comparative Medicine, 44, S. 19-23.

**Osaka, I., Matsui, Y., Terada, F.** (2014). *Effect of the mass of immunoglobulin (Ig)G intake and age at first colostrum feeding on serum IgG concentration in Holstein calves.* Journal of Dairy Science, 97 (10), S. 6608-6612.

**Paape, M. J., Guidry, A. J., Jain, N., Miller, R.** (1991). *Leukocytic defense mechanisms in the udder.* Flemish Veterinary Journal, 62, S. 95-109.

**Parish, S. M., Tyler, J. W., Besser, T. E., Gay, C. C., Krytenberg, D.** (1997). *Prediction of serum IgG1 concentration in Holstein calves using serum gamma glutamyltransferase activity.* Journal of Veterinary Internal Medicine, 11 (6), S. 344-347.

**Passarge, U.** (2013). *Gesundheitsmonitoring in Milchviehherden mit Hilfe von Infrarot-Thermographie.* Dissertation Dr. rer. agr., Universität Berlin.

**Perino, L. J., Sutherland, R. L., Woollen, N. E.** (1993). *Serum  $\gamma$ -glutamyltransferase activity and protein concentration at birth and after suckling in calves with adequate and inadequate passive transfer of immunoglobulin.* American Research of Veterinary Science, 54, S. 56-59.

**Petersen, H. H., Nielsen, J. P., Heegaard, P. M. H.** (2004). *Application of acute phase protein measurements in veterinary clinical chemistry.* Veterinary Research, 35, S. 163-187.

**Pöhler, N.** (2004). *Referenzbereiche für die klinische Chemie und das Enzym Transketolase bei fünf bis vierzehn Tage alten Fleckviehkälbern.* Inaugural Dissertation med.vet., LMU München.

**Popescu, S., Borda, C., Diguan, E. A., Spinu, M., Groza, I. S., Sandru, C. D.** (2013). *Dairy cows welfare quality in tie-stall housing system with or without access to exercise.* Acta Veterinaria Scandinavica, 55 (43).



**Preisler, M. T., Weber, P. S., Tempelman, R. J., Erskine, R. J., Hunt, H., Burton, J. L.** (2000). *Glucocorticoid receptor down-regulation in neutrophils of periparturient cows*. . American Journal of Veterinary Research, 61, S. 14-19.

**Pritchett, L. C., Gay, C. C., Besser, T. E., Hancock, D. D.** (1991). *Management and Production Factors Influencing Immunoglobulin G1 Concentration in Colostrum from Holstein Cows*. Journal of Dairy Science, 74 (7), S. 2336-2341.

**Probo, M. Giordano, A., Moretti, P., Opsomer, G., Fiems, L. O.** (2012). *Mode of delivery is associated with different hematological profiles in the newborn calves*. Theriogenology, 77 (5), S. 865-872.

**Quigley, J. D., Drewry, J. J.** (1998). *Nutrient and Immunity Transfer from Cow to Calf Pre- and Postcalving*. Journal of Dairy Science, 81 (10), S. 2779-2790.

**Quigley, J. D., III, Martin, K. R., Bemis, D. A., Potgieter, L. N. D., Reinemeyer, C. R., Rohrbach, B. W., Lamar, K. C.** (1995). *Effects of Housing and Colostrum Feeding on Serum Immunoglobulins, Growth, and Fecal Scores of Jersey Calves1*. Journal of Dairy Science, 78 (4), S. 893-901.

**Rademacher, G.** (2013). *Kälberkrankheiten. Ursache und Früherkennung: Neue Wege für Vorbeugung und Behandlung*. Stuttgart (Hohenheim): Verlag Ulmer.

**Rainard, P., Riollet, C.** (2006). *Innate immunity of the bovine mammary gland*. Veterinary Research, 37 (3), S. 369-400.

**Rauch, E., Möller-Holtkamp, P., Franz, N., McMorran, E., Erhard, M. H.** (2015). *Status Quo der Kolostrumversorgung von deutschen Kälbern*. Tierärztliche Umschau, 70, S. 18-23.

**Regula, G., Danuser, J., Spycher, B., Wechsler, B.** (2004). *Health and welfare of dairy cows in different husbandry systems in Switzerland*. Preventive Veterinary Medicine, 66 (1–4), S. 247-264.

**Reinhardt, H.** (1977). *Normwerte diagnostisch bedeutsamer Serumenzyme bei Kälbern und Ferkel in den ersten Lebensstunden und -tagen*. Inaugural Dissertation med.vet., LMU München.

**Reinicke, A.** (2006). *Vergleichende Fallbeschreibung zur kolostralen IgG-Versorgung neugeborener Kälber in zwei südkalifornischen Milchviehbetrieben mit unterschiedlichen Managementbedingungen*. Inaugural Dissertation med.vet., LMU München.

**Richter, T., Karrer, M.** (2006). Krankheitsursache Haltung. Beurteilung von Nutztierställen - Ein tierärztlicher Leitfaden. In T. Richter (Hrsg): *Rinderhaltung*. S. 64-111. Stuttgart: Verlag Enke.

**Riedl, J., Brauchle, U., Daffner, B., Bollwein, H., Stolla, R., Schönreiter-Fischer, S., Erhard, M.** (2004). *Zusammenhänge zwischen Geburtsverlauf, Corisolspiegel und Immunglobulin-G-Absorption beim neugeborenen Kalb*. Tierärztliche Umschau, 59, S. 683-686.

**Robison, J., Stott, G., DeNise, S.** (1988). *Effects of passive immunity on growth and survival in the dairy heifer*. Journal of Dairy Science, 71, S. 1283-1287.

**Röcker, L., Feddersen, H. M., Hoffmeister, H., Junge, B.** (1980). *Jahreszeitliche Veränderungen diagnostisch wichtiger Blutbestandteile*. Klinische Wochenschrift, 58 (15), S. 769-778.

**Rohde, H., Stock, K., Hamann, H., Reinhardt, F., Reents, R., Brade, W., Distl, O.** (2009). *Analysen zu Lebensleistung und Nutzungsdauer bei Deutschen Holstein Kühen*. Züchtungskunde, 81 (1), S. 42-45.

**Rolle, M., Mayr, A.** (1984). *Medizinische Mikrobiologie, Infektions- und Seuchenlehre für Tierärzte, Biologen, Agrarwissenschaftler und Interessierte aus benachbarten Fachgebieten. Lehrbuch für Praxis und Studium*. M. Anton (Hrsg). Stuttgart: Verlag Enke.

**Rößner, S.** (2005). *Untersuchung zur Thermoregulation von Milchkühen*. Dresden, Hochschule für Technik und Wirtschaft.

**Roy, J. H. B.** (1990). Management of health. In V. Butterworth (Hrsg): *The calf*. Boston, MA.

**Rummer, H. J., Eulenberger, K.** (1981). *Zur klinisch-chemischen Diagnostik bei Geburts- und Puerperalstörungen des Rindes - Enzymaktivitätsbestimmungen*. Archiv für Experimentelle Veterinärmedizin, 35, S. 737-748.

**Rushen, J., de Passillé, A. M., von Keyserlingk, M. A. G., Weary, D. M.** (2008). *The Welfare of Cattle*. Dordrecht, the Netherlands, Springer Netherlands.

**Rüsse, I.** (1998). Lehrbuch der Embryologie der Haustiere. In I. Rüsse und F. Sinowatz (Hrsg): *Frühgravidität, Implantation und Plazentation*. S. 153-158. Berlin: Verlag Parey.

**Rütz, A.** (2010). *Untersuchung verschiedener Parameter auf ihre Eignung zur Bewertung der Tiergerechtigkeit von Laufställen für Milchkühe im Rahmen eines on-farm welfare assessment*. Inaugural Dissertation med.vet., Tierärztliche Fakultät der LMU München.

**Salplachta, J., Necas, J.** (2000). *Lactate dehydrogenase isoenzyme pattern in tissues and serum of the calves*. Acta Veterinaria Brno, 69, S. 267-275.

**Sambras, H. H., Steiger, A.** (1997). Das Buch vom Tierschutz. *Rind*. S. 107-126. Stuttgart: Verlag Enke.

**Sasaki, M., Davis, C. L., Larson, B. L.** (1976). *Production and turnover of IgG1 and IgG2 immunoglobulins in the bovine around parturition*. Journal of Dairy Science, 59 (12), S. 2046-2055.

**Satler, K.** (2010). *Untersuchung von geschlechts-, rasse-, und altersspezifischen hämatologischen Parametern für Rinder*. Inaugural Dissertation med.vet., LMU München.

**Schäfer, S., Wesenauer, G., Arbeiter, K.** (1998). *Der Immunglobulintransfer beim vitalen, neugeborenen Kalb.* Deutsche Tierärztliche Wochenschrift, 105, S. 153-157.

**Schlecht, K.** (2001). *Untersuchungen zum Immunglobulin G-Status und zur humoralen Immunantwort neugeborener Kälber nach Verfütterung von Eipulver zu unterschiedlichen Zeitpunkten post natum.* Inaugural Dissertation med.vet., LMU München.

**Schlerka, G., Bucher, A.** (2003). *Follow up studies of the activity of gamma-glutamyltransferase and concentrations of total protein in bloodserum of newborn calves.* Tierärztliche Umschau, 58 (3), S. 146.

**Schulte-Langforth, M.** (1990). *Die Entwicklung von Kälbern innerhalb des ersten Lebensjahres unter besonderer Berücksichtigung der (Un)-Ähnlichkeit von monozygoten Zwillingen aus der Mikrochirurgie.* Inaugural Dissertation med.vet., LMU München.

**Schütt, C., Bröker, B.** (2009). Was gehört zum Immunsystem? *Grundwissen Immunologie.* S. 2-64: Verlag Spektrum Akademischer Verlag.

**Schwendenwein, I.** (2014). Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin. In A. Moritz (Hrsg): *Serumproteine - Plasmaproteine.* 7. Auflage. S. 292-302. Stuttgart: Verlag Schattauer GmbH.

**Selman, I. E., McEwan, A. D., Fisher, E. W.** (1971). *Studies on dairy calves allowed to suckle their dams at fixed times postpartum.* Research of Veterinary Science 12 (1-63), S. 665-671.

**Shearer, J., Mohammed, H. O., Brennemann, J. S., Tran, T. Q.** (1992). *Factors associated with concentrations of immunoglobulins in colostrum at the first milking post-calving.* Preventive Veterinary Medicine, 14, S. 143-154.

**Shell, T. M., Early, R. J., Carpenter, J. R., Buckley, B. A.** (1995). *Prepartum nutrition and solar radiation in beef cattle: II. Residual effects on postpartum milk yield, immunoglobulin, and calf growth.* Journal of Animal Science, 73 (5), S. 1303-1309.

**Shuster, D. E., Lee, E. K., Kehrli, M. E. J.** (1996). *Bacterial growth, inflammatory cytokine production, and neutrophil recruitment during coliform mastitis in cows within ten days after calving compared with cows at mid lactation.* American Journal of Veterinary Research, 57, S. 1569-1576.

**Silanikove, N.** (2000). *Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants.* Livestock Production science, 67 (1-2), S. 1-18.

**Singh, J., Murray, R. D., Mshelia, G., Woldehiwet, Z.** (2008). *The immune status of the bovine uterus during the peripartum period.* The Veterinary Journal, 175 (3), S. 301-309.

**Sogstad, Å. M., Fjeldaas, T., Østerås, O., Forshell, K. P.** (2005). *Prevalence of claw lesions in Norwegian dairy cattle housed in tie stalls and free stalls.* Preventive Veterinary Medicine, 70 (3-4), S. 191-209.

**Sordillo, L. M., Shafer-Weaver, K., DeRosa, D.** (1997). *Immunobiology of the Mammary Gland.* Journal of Dairy Science, 80 (8), S. 1851-1865.

**Spörndly, E., Wredle, E.** (2004). *Automatic milking and grazing-Effects of distance to pasture and level of supplements on milk yield and cow behavior.* Journal of Dairy Science, 87, S. 1702-1712.

**Srikandakumar, A., Johnson, E. H.** (2004). *Effect of heat stress on milk production, rectal temperature, respiratory rate and blood chemistry in Holstein, Jersey and Australian Milking Zebu cows.* Tropical Animal Health and Production, 36 (7), S. 685-692.

**Stämpfli, G., Stirnimann, J., Küpfer, U.** (1981). *Einfluss des Laktationsstadiums und der Trächtigkeit auf hämatologische und klinisch-chemische Werte bei der Milchkuh.* Schweizer Archiv für Tierheilkunde, 123, S. 189-205.

**Steinhardt, M., Thielscher, H. H.** (2004). *Wachstumsleistung und Anpassung von Saugkälbern aus der Mutterkuhhaltung mit einer unterschiedlichen Hämoglobinkonzentration des Blutes.* Archiv Tierzucht, 47 (5), S. 443-453.

**Steinhardt, M., Thielscher, H. H., von Horn, T., von Horn, R., Ermgassen, K., Ladewig, J. e. a.** (1994). *Bemerkungen zur Hämoglobinkonzentration des Blutes bei Milchrindern verschiedener Rassen und bei ihren Nachkommen im peripartalen Zeitraum.* Tierärztliche Praxis, 22, S. 129-135.

**Steinlechner, S.** (2015). Physiologie der Haustiere. In W. v. Engelhardt (Hrsg): *Wärmebilanz und Temperaturregulation-Fieber*. 4. Auflage. Stuttgart: Verlag Enke.

**Stott, G. H., Marx, D. B., Menefee, B. E., Nightengale, G. T.** (1979a). *Colostrum Immunoglobulin Transfer in Calves I. Period of Absorption*. Journal of Dairy Science, 62 (10), S. 1632-1638.

**Stott, G. H., Marx, D. B., Menefee, B. E., Nightengale, G. T.** (1979b). *Colostrum Immunoglobulin Transfer in Calves II. The Rate of Absorption*. Journal of Dairy Science, 62 (11), S. 1766-1773.

**Stott, G. H., Marx, D. B., Menefee, B. E., Nightengale, G. T.** (1979c). *Colostrum Immunoglobulin Transfer in Calves. III. Amount of Absorption*. Journal of Dairy Science, 62 (12), S. 1902-1907.

**Stott, G. H., Marx, D. B., Menefee, B. E., Nightengale, G. T.** (1979d). *Colostrum Immunoglobulin Transfer in Calves. IV. Effect of Suckling*. Journal of Dairy Science, 62 (12), S. 1908-1913.

**Suh, G. H., Hur, T. Y., Son, D. S., Choe, C., Jung, Y. H., Ahn, B., Lee, C. G.** (2003). *Differences in the serum immunoglobulin concentrations between dairy and beef calves from birth to 14 days of age.* Journal of Veterinary Science, 4, S. 257-260.

**Suriyasathaporn, W., Daemen, A. J. J. M., Noordhuizen-Stassen, E. N., Dieleman, S. J., Nielen, M., Schukken, Y. H.** (1999).  *$\beta$ -hydroxybutyrate levels in peripheral blood and ketone bodies supplemented in culture media affect the in vitro chemotaxis of bovine leukocytes.* Veterinary Immunology and Immunopathology, 68 (2–4), S. 177-186.

**Tizard, I. R.** (2000). *Veterinary Immunology: An introduction*. 6. Auflage. Philadelphia, Elsevier Saunders.

**Tizard, I. R.** (2013). *Veterinary Immunology*. 9. Auflage. St. Louis, Missouri, Elsevier Saunders.

**Todd, A. G., Whyte, P. B. D.** (1995). *The effect of delays in feeding colostrum and the relationship between immunoglobulin concentration in the serum of neonatal calves and their rates of growth*. Australian Veterinary Journal, 72(11), S. 415-417.

**Treacher, R. J., Collis, K. A.** (1977). *The effect of protein intake on the activities of liver specific enzymes in the plasma of dairy cows*. Research of Veterinary Science, 22 (1), S. 101-104.

**Tyler, J. W., Steevens, B. J., Hostetler, D. E., et al.** (1999). *Colostrum IgG concentrations in Holstein and Guernsey cows*. American Journal of Veterinary Research, 60, S. 1136-1139.

**Uni-Kiel. (Wintersemester 2012/2013).** *biol115: Grundlagen der Tierphysiologie*. Skript zum Studiengang Bachelor of Science Biologie. CAU Kiel.

**Walser, K.** (1990). Neugeborenen- und Säuglingskunde der Tiere. In K. Walser und H. Bostedt (Hrsg): *Blut*. S. 10-14. Stuttgart: Verlag Enke.

**Waßmuth, R.** (2001). *Ansprüche der Milchkühe an das Haltungssystem*. Konferenzschrift: Milchviehhaltung - tiergerecht und zukunftsorientiert, Marktoberdorf.

**Weaver, D. M., Tyler, J. W., VanMetre, D. C., Hostetler, D. E., Barrington, G. M.** (2000). *Passive transfer of colostrum immunoglobulins in calves*. Journal of Veterinary Internal Medicine, 14 (6), S. 569-577.

**Werner, A.** (2003). *Experimentelle Untersuchungen zur Eignung der  $\gamma$ -Glutamyltransferase-Aktivität im Blut von Kälbern zur Überprüfung der Kolostrumversorgung*. Inaugural Dissertation med.vet., Tierärztliche Hochschule Hannover.

**Wetteman, R. P.** (1980). *Postpartum endocrine function of cattle, sheep and swine*. Journal of Animal Science, 51 (Supp.2), S. 2-11.

**Wolffram, S., Scharrer, E.** (2015). Physiologie der Haustiere. In W. v. Engelhardt (Hrsg): *Magen-Darm-Kanal - Funktionen des Dünndarms und seiner Anhangsdrüsen*. 4. Auflage. S. 421. Stuttgart: Verlag Enke.

**Wosnik, M.** (1991). *Einfluss der normalen Geburt auf Enzymaktivitäten und Selenkonzentrationen im Blutplasma von Ziegen und ihren Lämmern*. Inaugural Dissertation med.vet., Universität Gießen.

**Wrenn, T. R., Bitman, J., Sykes, J. F.** (1961). *Diurnal Patterns of Bovine Body Temperature*. Journal of Dairy Science, 44 (11), S. 2077-2080.

**Zerbe, H., Schneider, N., Leibold, W., Wensing, T., Kruip, T. A., Schuberth, H. J.** (2000). *Altered functional and immunophenotypical properties of neutrophilic granulocytes in post-partum cows associated with fatty liver*. Theriogenology, 54, S. 771-786.

**Zhao, Y., Jackson, S. M., Aitken, R.** (2006). *The bovine antibody repertoire*. Developmental and Comparative Immunology, 30 (1-2), S. 175-186.



## 10. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

---

**Abbildung 1:** Verteilung des durchschnittlichen Zeitpunktes in Stunden (h) post natum ( $\pm SE$ ) der ersten Kolostrumgabe nach Jahreszeiten

70

**Abbildung 2:** Vergleich der mittleren IgG-Konzentrationen (mg/ml) ( $\pm SE$ ) im Serum der Kälber, die vor der 24. Lebensstunde ( $n=71$ ), zwischen der 24. und 48. Lebensstunde ( $n=89$ ), zwischen der 48. und 72. Lebensstunde ( $n=73$ ) sowie nach der 72. Lebensstunde bis einschließlich 90 Stunden post natum ( $n=9$ ) beprobt wurden

71

**Abbildung 3:** Vergleich der durchschnittlichen IgG-Konzentration (mg/ml) ( $\pm SE$ ) der Kälber ( $n=171$ ) nach Jahreszeit

72

**Abbildung 4:** Darstellung der mittleren Serum-IgG-Konzentration (mg/ml) ( $\pm SE$ ) sowie der mittleren gesamt aufgenommenen IgG-Menge (g) der Kälber aus dem Kolostrum, verteilt auf die Haltungssysteme der Muttertiere:

1)AoW=Anbindehaltung ohne Weidegang, 2)LoW=Laufstall ohne Weidegang

3)AmW=Anbindehaltung mit Weidegang, 4)LmW=Laufstall mit Weidegang

73

**Abbildung 5:** Vergleich der mit kolostralem IgG absolut unterversorgten ( $IgG \leq 5$  mg/ml), partiell unterversorgten ( $5,1 \leq IgG \leq 9,9$  mg/ml) und ausreichend versorgten ( $IgG \geq 10$  mg/ml) Kälber (Anzahl in %) anhand des Haltungssystems der Muttertiere:

1)AoW=Anbindehaltung ohne Weidegang, 2)LoW=Laufstall ohne Weidegang,

3)AmW=Anbindehaltung mit Weidegang, 4)LmW=Laufstall mit Weidegang

75

**Abbildung 6:** Verteilung der einzelnen Kälber ( $n=79$ ) mit IgG-Konzentrationen im Serum von  $\leq 5$  mg/ml,  $\geq 5,1 < 9,9$  mg/ml oder  $\geq 10$  mg/ml nach Betrieben (1-11)

77

**Abbildung 7:** Verteilung der einzelnen Kälber ( $n=92$ ) mit IgG-Konzentrationen im Serum von  $\leq 5$  mg/ml,  $\geq 5,1 < 9,9$  mg/ml oder  $\geq 10$  mg/ml nach Betrieben (12-23)

77

**Abbildung 8:** Vergleich der durchschnittlichen IgG-Konzentration (mg/ml) ( $\pm$ SE) im Serum von männlichen (n=82) und weiblichen Kälbern (n=89)

78

**Abbildung 9:** Vergleichende Darstellung der mittleren IgG-Mengen (g) ( $\pm$ SE), die die Kälber (n=217) zu jeder Jahreszeit aus dem Kolostrum aufgenommen haben

81

**Abbildung 10:** Darstellung der mittleren IgG-Konzentration (mg/ml) im Serum von Zwillingskälbern (n=19) und „Nicht-Zwillingskälbern“ (n=152), der mittleren gesamt aufgenommenen IgG-Menge (g) aus dem Kolostrum von Zwillingskälbern (n=24) und „Nicht-Zwillingskälbern“ (n=193) sowie der mittleren  $\gamma$ -GT-Konzentration (U/l) im Serum von Zwillingskälbern (n=27) im Vergleich zu „Nicht-Zwillingskälbern“ (n=215)

81

**Abbildung 11:** Korrelation zwischen dem Zeitpunkt (Stunden post natum) der Kolostrumaufnahme und der IgG-Konzentration (mg/ml) im Serum der Kälber, verteilt auf die Haltungssysteme der Muttertiere:

1)AoW=Anbindehaltung ohne Weidegang, 2)LoW=Laufstall ohne Weidegang,  
3)AmW=Anbindehaltung mit Weidegang, 4)LmW=Laufstall mit Weidegang

83

**Abbildung 12:** Korrelation zwischen der mit dem Erstkolostrum aufgenommenen IgG-Menge (g) und der IgG-Konzentration (mg/ml) im Serum der Kälber, unterteilt nach Haltungssystemen der Muttertiere:

1)AoW=Anbindehaltung ohne Weidegang, 2)LoW=Laufstall ohne Weidegang,  
3)AmW=Anbindehaltung mit Weidegang, 4)LmW=Laufstall mit Weidegang

84

**Abbildung 13:** Korrelation zwischen der IgG-Konzentration (mg/ml) im Kolostrum der Kühe und der IgG-Konzentration (mg/ml) im Serum der Kälber, unterteilt nach Haltungssystemen der Muttertiere:

1)AoW=Anbindehaltung ohne Weidegang, 2)LoW=Laufstall ohne Weidegang,  
3)AmW=Anbindehaltung mit Weidegang, 4)LmW=Laufstall mit Weidegang

85

**Abbildung 14:** Korrelation zwischen der  $\gamma$ -GT-Konzentration (U/l) und der IgG-Konzentration (mg/ml) beides im Serum der Kälber, verteilt nach den Haltungssystemen der Muttertiere:

1)AoW=Anbindehaltung ohne Weidegang, 2)Low=Laufstall ohne Weidegang,  
3)AmW=Anbindehaltung mit Weidegang, 4)LmW=Laufstall mit Weidegang

86

**Abbildung 15:** Vergleich der mittleren  $\gamma$ -GT-Konzentration (U/l) ( $\pm$  SE) der Kälber nach Jahreszeiten

96

**Abbildung 16:** Vergleichende Darstellung der durchschnittlichen IgG-Konzentration (mg/ml) im Kolostrum bzw. der  $\gamma$ -GT-Konzentration (U/l) im Serum der Kälber nach Jahreszeit

99

**Abbildung 17:** Mittlere IgG-Konzentration im Kolostrum (mg/ml), unterteilt nach Haltungssystemen:

1)AoW=Anbindehaltung ohne Weidegang, 2)Low=Laufstall ohne Weidegang,  
3)AmW=Anbindehaltung mit Weidegang, 4)LmW=Laufstall mit Weidegang

101

**Abbildung 18:** Verteilung der Kühe (n) mit erhöhten GLDH-Konzentrationen ( $\geq 30$  U/l) im Serum auf die Betriebe 1-6 aus der Anbindehaltung ohne Weidegang

119

**Abbildung 19:** Verteilung der Kühe (n) mit erhöhten GLDH-Konzentrationen ( $\geq 30$  U/l) im Serum auf die Betriebe 7-11 aus der Laufstallhaltung ohne Weidegang

119

**Abbildung 20:** Verteilung der Kühe (n) mit erhöhten GLDH-Konzentrationen ( $\geq 30$  U/l) im Serum auf die Betriebe 12-17 aus der Anbindehaltung mit Weidegang

120

**Abbildung 21:** Verteilung der Kühe (n) mit erhöhten GLDH-Konzentrationen ( $\geq 30$  U/l) im Serum auf die Betriebe 18-23 aus der Laufstallhaltung mit Weidegang

120

**Abbildung 22:** Verteilung der Kühe (%) nach Haltung und Grad der Verschmutzung: Keine ersichtliche Verschmutzung, geringgradige (ggrd.), mittelgradige (mgrd.) und hochgradige (hgrd.) Verschmutzung

123

**Abbildung 23:** *Verteilung der Kühe (%) nach Lebensalter (Jahre) und Haltungssystem:*

*1)AoW=Anbindehaltung ohne Weidegang, 2)LoW=Laufstall ohne Weidegang,*

*3)AmW=Anbindehaltung mit Weidegang, 4)LmW=Laufstall mit Weidegang*

125

## 11. TABELLENVERZEICHNIS

---

**Tabelle 1:** Immunglobulin-Konzentrationen (mg/dl) des Rindes (IgG, IgM, IgA) in Serum, Kolostrum und Milch

5

**Tabelle 2:** Anzahl der Kühe zu Beginn der Untersuchung sowie Anzahl der während des Untersuchungszeitraumes geborenen Kälber (n), verteilt auf Haltungssysteme und Betriebe; BIO=ökologischer/biologischer Betrieb

51

**Tabelle 3:** Einteilung des Verschmutzungsgrades der Kuh nach Scores (0-3)

60

**Tabelle 4:** Prozentuale Verteilung der Kälber nach Zeitpunkt (t) der ersten Kolostrumaufnahme und Haltungssystemen

69

**Tabelle 5:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich des Zeitpunktes der Kolostrumfütterung

70

**Tabelle 6:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich des IgG-Gehaltes im Serum der Kälber

72

**Tabelle 7:** Darstellung der Signifikanzen (Mann-Whitney-U-Test,  $p < 0,05$ ) zwischen den Haltungssystemen hinsichtlich der mittleren IgG-Konzentration im Serum der Kälber

1)AoW=Anbindehaltung ohne Weidegang, 2)LoW=Laufstall ohne Weidegang,

3)AmW=Anbindehaltung mit Weidegang, 4)LmW=Laufstall mit Weidegang

74

**Tabelle 8:** Anzahl (n) und prozentuale Verteilung (%) der Kälber nach Immunglobulin-konzentrationen (mg/ml) im Serum sowie Haltungssystemen der Muttertiere:

1)AoW=Anbindehaltung ohne Weidegang, 2)LoW=Laufstall ohne Weidegang,

3)AmW=Anbindehaltung mit Weidegang, 4)LmW=Laufstall mit Weidegang

75

**Tabelle 9:** Darstellung der mittleren gesamt aufgenommenen IgG-Menge (g) aus dem Kolostrum sowie Verteilung der Kälber nach Haltungsformen

79

**Tabelle 10:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich der IgG-Gesamtaufnahme der Kälber aus dem Kolostrum

80

**Tabelle 11:** Vergleich der durchschnittlichen IgG-Konzentration (mg/ml) ( $\pm$ SE) im Serum der Kälber hinsichtlich des Zeitpunktes der ersten Kolostrumaufnahme (Stunden post natum)

82

**Tabelle 12:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich der Erythrozyten-Konzentration der Kälber

87

**Tabelle 13:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich der Hämoglobin-Konzentration des Kalbes

88

**Tabelle 14:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich der Leukozyten-Konzentration des Kalbes

90

**Tabelle 15:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich der Thrombozyten-Konzentration des Kalbes

91

**Tabelle 16:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich der LDH-Konzentration des Kalbes

92

**Tabelle 17:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich der GLDH-Konzentration des Kalbes

94

**Tabelle 18:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich der  $\gamma$ -GT-Konzentration des Kalbes

95

**Tabelle 19:** Darstellung der Signifikanzen hinsichtlich der durchschnittlichen  $\gamma$ -GT-Konzentration (U/l) der Kälber zwischen den Jahreszeiten

97

**Tabelle 20:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich des IgG-Gehaltes im Kolostrum der Kuh

98

**Tabelle 21:** Darstellung der Signifikanzen hinsichtlich der durchschnittlichen kolostralen IgG-Konzentration (mg/ml) zwischen den Jahreszeiten

98

**Tabelle 22:** Verteilung der mittleren IgG-Konzentration ( $\pm$ SE) im Kolostrum (mg/ml) nach Haltungssystemen

100

**Tabelle 23:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich der IgG-Konzentration im Serum der Kuh

103

**Tabelle 24:** Verteilung der Kühe (%) und Vergleich der mittleren IgG-Konzentrationen (mg/ml) sowie der Medianwerte in Abhängigkeit der Jahreszeit und des Haltungssystems

104

**Tabelle 25:** Verteilung der mittleren IgG-Konzentrationen (mg/ml) im Serum der Kühe und Kälber nach Haltungssystem und Betrieb sowie Darstellung der Betriebsgröße ( $n$ =Anzahl aller Milchkühe), der mittleren Laktationsanzahl ( $n$ ) und Milchleistung der Kühe (kg/Jahr) für jeden Betrieb

106

**Tabelle 26:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich der Erythrozyten-Konzentration der Kuh

108

**Tabelle 27:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich der Hämoglobin-Konzentration der Kuh

109

**Tabelle 28:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich des Hämatokrit-Gehaltes der Kuh

110

**Tabelle 29:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich der Leukozyten-Konzentration der Kuh

112

**Tabelle 30:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich der Thrombozyten-Konzentration der Kuh

113

**Tabelle 31:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich der LDH-Konzentration der Kuh

115

**Tabelle 32:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich der GLDH-Konzentration im Serum der Kuh

116

**Tabelle 33:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich der  $\gamma$ -GT-Konzentration im Serum der Kuh

117

**Tabelle 34:** Vergleich zweier Betrachtungsweisen hinsichtlich der Körpertemperatur der Kuh

121

**Tabelle 35:** Darstellung des Zusammenhangs zwischen Verschmutzungsgrad und Haltungssystem der Kuh

122

**Tabelle 36:** Korrelation zwischen Lebensalter (Jahre) der Kuh und Haltungssystem

124

**Tabelle 37:** Anzahl der Kühe (n) innerhalb des Untersuchungszeitraumes verteilt nach Haltungssystemen sowie Anzahl der Abgänge (verteilt nach Abgangsursachen), Zugänge und Endzahl (n)

1)AoW=Anbindehaltung ohne Weidegang, 2)LoW=Laufstall ohne Weidegang,  
3)AmW=Anbindehaltung mit Weidegang, 4)LmW=Laufstall mit Weidegang

126

**Tabelle 38:** Prozentuale Verteilung der Blutparameter [IgG-Kolostrum, Tizard (2013); Erythrozyten, Hämatokrit, Hämoglobin, Leukozyten, Thrombozyten, Moritz et al. (2014); IgG- Serum, Laktatdehydrogenase = LDH, Glutamatdehydrogenase = GLDH,  $\gamma$ -Glutamyltransferase =  $\gamma$ -GT, Fürll (2014)] von Kalb und Kuh nach Referenzbereichen

207

**Tabelle 39:** Darstellung der Mittelwerte, Medianwerte, Minimum, Maximum, Standardabweichung- und fehler sämtlicher Blutparameter von Kalb und Kuh

223



**Tabelle 40:** Prozentuale Verteilung der Kühe nach Haltungssystemen und Jahreszeiten sowie Einteilung der Kühe unterhalb, innerhalb ( $\geq 16,4$ - $30,4$  mg/ml) und oberhalb der Toleranzgrenzen hinsichtlich der Serum-IgG-Konzentration von Kühen (Fürl, 2014)

234

**Tabelle 41:** Verteilung der mittleren post partalen IgG-Konzentrationen (mg/ml) im Serum der Kühe und deren Kälber nach Haltungssystem und Betrieb sowie Darstellung der Betriebsgröße ( $n$ =Anzahl aller Milchkühe), der mittleren Laktationsanzahl ( $n$ ) und Milchleistung der Kühe (kg/Jahr) für jeden Betrieb

235

**Tabelle 42:** Darstellung der aus der Literatur übernommenen Referenzbereiche bzw. Toleranzgrenzen (=T) für das Immunglobulin-G im Serum und Kolostrum, Parameter des roten und weißen Blutbildes sowie ausgewählter Leberenzyme von Kalb/Jungrind und Kuh [IgG-Kolostrum und Serum, Tizard (2013); Erythrozyten, Hämatokrit, Hämoglobin, Leukozyten, Thrombozyten, Moritz et al. (2014); IgG- Serum, Laktatdehydrogenase = LDH, Glutamatdehydrogenase = GLDH,  $\gamma$ -Glutamyltransferase =  $\gamma$ -GT beim Kalb/Jungrind, Fürl (2014),  $\gamma$ -GT beim neugeborenen Kalb, Klee (1985)]

236

**Tabelle 43:** Vergleich der Referenzbereiche bzw. Toleranzgrenzen (=T) für das Immunglobulin-G im Serum, Parameter des roten und weißen Blutbildes sowie ausgewählter Leberenzyme des Kalbes/Jungrindes aus der Literatur [Erythrozyten, Hämatokrit, Hämoglobin, Leukozyten, Thrombozyten, Moritz et al. (2014); IgG- Serum, Laktatdehydrogenase = LDH, Glutamatdehydrogenase = GLDH,  $\gamma$ -Glutamyltransferase =  $\gamma$ -GT beim Kalb/Jungrind, Fürl (2014),  $\gamma$ -GT beim neugeborenen Kalb, Klee (1985)], mit den in dieser Studie ermittelten Referenzbereichen des neugeborenen Fleckviehkalbes

237

**Tabelle 44:** Vergleich der Referenzbereiche bzw. Toleranzgrenzen (=T) für das Immunglobulin-G im Serum und Kolostrum, Parameter des roten und weißen Blutbildes sowie ausgewählter Leberenzyme der Kuh aus der Literatur [IgG-Kolostrum und Serum, Tizard (2013); Erythrozyten, Hämatokrit, Hämoglobin, Leukozyten, Thrombozyten, Moritz et al. (2014); IgG- Serum, Laktatdehydrogenase = LDH, Glutamatdehydrogenase = GLDH,  $\gamma$ -Glutamyltransferase =  $\gamma$ -GT, Fürl (2014)], mit den in dieser Studie ermittelten Referenzbereichen der Kuh (Deutsches Fleckvieh)

238

## 12. TABELLARISCHER ANHANG

**Tabelle 38:** Prozentuale Verteilung der Blutparameter [IgG-Kolostrum, Tizard (2013); Erythrozyten, Hämatokrit, Hämoglobin, Leukozyten, Thrombozyten, Moritz et al. (2014); IgG- Serum, Laktatdehydrogenase = LDH, Glutamatdehydrogenase = GLDH,  $\gamma$ -Glutamyltransferase =  $\gamma$ -GT, Fürll (2014)] von Kalb und Kuh nach Referenzbereichen

\*=  $p < 0,05$

Unabhängige Variable	Abhängige Variable	REFERENZBEREICH (Ref.b.)		
		unter Ref.b.	im Ref.b.	über Ref.b.
KALB				
IgG 12,6-17,8 mg/ml	Jahreszeit			
	Frühling	28,4%	23,9%	47,7%
	Sommer	29,3%	18,3%	52,4%
	Herbst	15,6%	21,9%	62,5%
	Winter	17,5%	25,0%	57,5%
Erythrozyten 5-10x10 <sup>12</sup> /l	Jahreszeit			
	Frühling	3,4%	87,5%	9,1%
	Sommer	1,2%	95,1%	3,7%
	Herbst	3,1%	90,6%	6,3%
	Winter	2,5%	92,5%	5,0%
Hämatokrit 0,28-0,38 l/l	Jahreszeit			
	Frühling	4,5%	56,8%	38,6%
	Sommer	9,8%	53,7%	36,6%
	Herbst	12,5%	65,6%	21,9%
	Winter	7,5%	45,0%	47,5%
Hämoglobin 5,6-8,7 mmol/l	Jahreszeit			
	Frühling	5,7%	73,9%	20,5%
	Sommer	3,7%	67,1%	29,3%
	Herbst	6,3%	81,3%	12,5%
	Winter	15,0%	75,0%	10,0%
Leukozyten 4-12x10 <sup>9</sup> /l	Jahreszeit			
	Frühling	3,4%	85,2%	11,4%
	Sommer	2,4%	75,6%	22,0%
	Herbst	0,0%	75,0%	25,0%
	Winter	2,5%	80,0%	17,5%
Thrombozyten 100-800x10 <sup>9</sup> /l	Jahreszeit			
	Frühling	3,4%	95,5%	1,1%
	Sommer	4,9%	92,7%	2,4%
	Herbst	0,0%	93,8%	6,2%
	Winter	0,0%	95,0%	5,0%

Unabhängige Variable	Abhängige Variable	REFERENZBEREICH (Ref.b.)		
		unter Ref.b.	im Ref.b.	über Ref.b.
KALB				
LDH  700-1400 U/l	Jahreszeit			
	Frühling	38,6%	55,7%	5,7%
	Sommer	35,4%	58,5%	6,1%
	Herbst	56,2%	43,8%	0,0%
	Winter	52,5%	42,5%	5,0%
GLDH  41 U/l	Jahreszeit			
	Frühling	0,0%	87,5%	12,5%
	Sommer	0,0%	87,8%	12,2%
	Herbst	0,0%	87,5%	12,5%
	Winter	0,0%	87,5%	12,5%
γ-GT  100 U/l	Jahreszeit			
	Frühling	13,6%	86,4%	0,0%
	Sommer	15,9%	84,1%	0,0%
	Herbst	9,4%	90,6%	0,0%
	Winter	7,5%	92,5%	0,0%
IgG 12,6-17,8 mg/ml	Zwilling	33,3%	18,5%	48,1%
	Nicht-Zwilling	24,2%	22,3%	53,5%
Erythrozyten 5-10x10 <sup>12</sup> /l	Zwilling	7,4%	88,9%	3,7%
	Nicht-Zwilling	1,9%	91,6%	6,5%
Hämatokrit 0,28-0,38 l/l	Zwilling	3,7%	51,9%	44,4%
	Nicht-Zwilling	8,4%	55,3%	36,3%
Hämoglobin * 5,6-8,7 mmol/l	Zwilling	18,5%	66,7%	14,8%
	Nicht-Zwilling	5,1%	73,5%	21,4%
Leukozyten 4-12x10 <sup>9</sup> /l	Zwilling	3,7%	74,1%	22,2%
	Nicht-Zwilling	2,3%	80,5%	17,2%
Thrombozyten 100-800x10 <sup>9</sup> /l	Zwilling	3,7%	88,9%	7,4%
	Nicht-Zwilling	2,8%	94,9%	2,3%
LDH * 700-1400 U/l	Zwilling	74,1%	25,9%	0,0%
	Nicht-Zwilling	38,1%	56,3%	5,6%
GLDH 41 U/l	Zwilling	0,0%	85,2%	14,8%
	Nicht-Zwilling	0,0%	87,9%	12,1%
γ-GT 100 U/l	Zwilling	3,7%	96,3%	0,0%
	Nicht-Zwilling	14,0%	86,0%	0,0%
IgG  12,6-17,8 mg/ml	Haltung der Kühe			
	1) AoW	21,7%	21,7%	56,7%
	2) LoW	32,1%	26,4%	41,5%
	3) AmW	13,8%	21,5%	64,6%
	4) LmW	34,4%	18,8%	46,9%
Erythrozyten  5-10x10 <sup>12</sup> /l	Haltung der Kühe			
	1) AoW	1,7%	90,0%	8,3%
	2) LoW	3,8%	90,6%	5,7%
	3) AmW	1,5%	93,8%	4,6%
	4) LmW	3,1%	90,6%	6,3%

Unabhängige Variable	Abhängige Variable	REFERENZBEREICH (Ref.b.)		
		unter Ref.b.	im Ref.b.	über Ref.b.
KALB				
<i>Hämatokrit</i>  0,28-0,38 l/l	<i>Haltung der Kühe</i>			
	1) AoW	6,7%	51,7%	41,7%
	2) LoW	9,4%	60,4%	30,2%
	3) AmW	7,7%	47,7%	44,6%
	4) LmW	7,8%	60,9%	31,3%
<i>Hämoglobin</i>  5,6-8,7 mmol/l	<i>Haltung der Kühe</i>			
	1) AoW	5,0%	73,3%	21,7%
	2) LoW	7,5%	71,7%	20,8%
	3) AmW	7,7%	72,3%	20,0%
	4) LmW	6,3%	73,4%	20,3%
<i>Leukozyten</i>  4-12x10 <sup>9</sup> /l	<i>Haltung der Kühe</i>			
	1) AoW	1,7%	86,7%	11,7%
	2) LoW	5,7%	75,5%	18,9%
	3) AmW	3,1%	80,0%	16,9%
	4) LmW	0,0%	76,6%	23,4%
<i>Thrombozyten</i>  100-800x10 <sup>9</sup> /l	<i>Haltung der Kühe</i>			
	1) AoW	1,7%	96,7%	1,7%
	2) LoW	1,9%	94,3%	3,8%
	3) AmW	4,6%	92,3%	3,1%
	4) LmW	3,1%	93,8%	3,1%
<i>LDH</i>  700-1400 U/l	<i>Haltung der Kühe</i>			
	1) AoW	40,0%	48,3%	11,7%
	2) LoW	37,7%	56,6%	5,7%
	3) AmW	46,2%	50,8%	3,1%
	4) LmW	43,8%	56,3%	0,0%
<i>GLDH</i>  41 U/l	<i>Haltung der Kühe</i>			
	1) AoW	0,0%	83,3%	16,7%
	2) LoW	0,0%	88,7%	11,3%
	3) AmW	0,0%	87,7%	12,3%
	4) LmW	0,0%	90,6%	9,4%
<i>γ-GT</i>  100 U/l	<i>Haltung der Kühe</i>			
	1) AoW	18,3%	81,7%	0,0%
	2) LoW	11,3%	88,7%	0,0%
	3) AmW	7,7%	92,3%	0,0%
	4) LmW	14,1%	85,9%	0,0%
<i>IgG</i>  12,6-17,8 mg/ml	<i>Haltung der Kälber</i>			
	Anbindung	26,7%	33,3%	40,0%
	Holzbox/Iglu	24,4%	22,5%	53,1%
	Gruppenhaltung	14,3%	0,0%	85,7%
	Laufstall bei Mutter	45,5%	9,1%	45,5%

Unabhängige Variable	Abhängige Variable	REFERENZBEREICH (Ref.b.)		
		unter Ref.b.	im Ref.b.	über Ref.b.
<b>KALB</b>				
<i>Erythrozyten</i>  <i>5-10x10<sup>12</sup>/l</i>	<i>Haltung der Kälber</i>			
	Anbindung	6,7%	86,7%	6,7%
	Holzbox/Iglu	1,9%	91,9%	6,2%
	Gruppenhaltung	0,0%	100,0%	0,0%
<i>Hämatokrit</i>  <i>0,28-0,38 l/l</i>	<i>Haltung der Kälber</i>			
	Anbindung	13,3%	33,3%	53,3%
	Holzbox/Iglu	7,7%	54,1%	38,3%
	Gruppenhaltung	0,0%	85,7%	14,3%
<i>Hämoglobin</i>  <i>5,6-8,7 mmol/l</i>	<i>Haltung der Kälber</i>			
	Anbindung	13,3%	73,3%	13,3%
	Holzbox/Iglu	6,2%	72,2%	21,5%
	Gruppenhaltung	0,0%	100,0%	0,0%
<i>Leukozyten</i>  <i>4-12x10<sup>9</sup>/l</i>	<i>Haltung der Kälber</i>			
	Anbindung	6,7%	80,0%	13,3%
	Holzbox/Iglu	2,4%	80,9%	16,7%
	Gruppenhaltung	0,0%	71,4%	28,6%
<i>Thrombozyten</i>  <i>100-800x10<sup>9</sup>/l</i>	<i>Haltung der Kälber</i>			
	Anbindung	0,0%	100,0%	0,0%
	Holzbox/Iglu	3,3%	93,8%	2,9%
	Gruppenhaltung	3,3%	93,8%	2,9%
<i>LDH</i>  <i>700-1400 U/l</i>	<i>Haltung der Kälber</i>			
	Anbindung	33,3%	60,0%	6,7%
	Holzbox/Iglu	41,6%	53,1%	5,3%
	Gruppenhaltung	28,6%	71,4%	0,0%
<i>GLDH</i>  <i>41 U/l</i>	<i>Haltung der Kälber</i>			
	Anbindung	0,0%	93,3%	6,7%
	Holzbox/Iglu	0,0%	87,1%	12,9%
	Gruppenhaltung	0,0%	85,7%	14,3%
<i>γ-GT</i>  <i>100 U/l</i>	<i>Haltung der Kälber</i>			
	Anbindung	20,0%	80,0%	0,0%
	Holzbox/Iglu	11,0%	89,0%	0,0%
	Gruppenhaltung	14,3%	85,7%	0,0%
<i>IgG</i> <i>12,6-17,8 mg/ml</i>	<i>Mutterschutzimpfung</i>			
	ja	35,1%	13,5%	51,4%
	nein	23,4%	23,4%	53,2%

Unabhängige Variable	Abhängige Variable	REFERENZBEREICH (Ref.b.)		
		unter Ref.b.	im Ref.b.	über Ref.b.
KALB				
Erythrozyten 5-10x10 <sup>12</sup> /l	Mutterschutzimpfung ja	0,0%	89,2%	10,8%
	nein	2,9%	91,7%	5,4%
Hämatokrit 0,28-0,38 l/l	Mutterschutzimpfung ja	8,1%	40,5%	51,4%
	nein	7,8%	57,6%	34,6%
Hämoglobin 5,6-8,7 mmol/l	Mutterschutzimpfung ja	8,1%	70,3%	21,6%
	nein	6,3%	73,2%	20,5%
Leukozyten 4-12x10 <sup>9</sup> /l	Mutterschutzimpfung ja	5,4%	81,1%	13,5%
	nein	2,0%	79,5%	18,5%
Thrombozyten 100-800x10 <sup>9</sup> /l	Mutterschutzimpfung ja	2,7%	97,3%	0,0%
	nein	2,9%	93,7%	3,4%
LDH 700-1400 U/l	Mutterschutzimpfung ja	48,6%	40,5%	10,8%
	nein	41,0%	55,1%	3,9%
GLDH 41 U/l	Mutterschutzimpfung ja	0,0%	89,2%	10,8%
	nein	0,0%	87,3%	12,7%
γ-GT 100 U/l	Mutterschutzimpfung ja	21,6%	78,4%	0,0%
	nein	11,2%	88,8%	0,0%
IgG 12,6-17,8 mg/ml	Geburtsverlauf keine Geburtshilfe	25,0%	22,1%	52,9%
	leichte Geburtshilfe	25,4%	22,4%	52,2%
	Schwergeburt	33,3%	0,0%	66,7%
Erythrozyten 5-10x10 <sup>12</sup> /l	Geburtsverlauf keine Geburtshilfe	1,1%	91,9%	7,0%
	leichte Geburtshilfe	6,0%	89,6%	4,4%
	Schwergeburt	0,0%	100,0%	0,0%
Hämatokrit 0,28-0,38 l/l	Geburtsverlauf keine Geburtshilfe	7,0%	55,8%	37,2%
	leichte Geburtshilfe	10,5%	52,2%	37,3%
	Schwergeburt	0,0%	66,7%	33,3%
Hämoglobin 5,6-8,7 mmol/l	Geburtsverlauf keine Geburtshilfe	4,7%	71,5%	23,8%
	leichte Geburtshilfe	12,0%	74,6%	13,4%
	Schwergeburt	0,0%	100,0%	0,0%

Unabhängige Variable	Abhängige Variable	REFERENZBEREICH (Ref.b.)		
		unter Ref.b.	im Ref.b.	über Ref.b.
KALB				
Leukozyten  4-12x10 <sup>9</sup> /l	Geburtsverlauf			
	keine Geburtshilfe	2,3%	79,1%	18,6%
	leichte Geburtshilfe	3,0%	82,1%	14,9%
	Schweregeburt	0,0%	66,7%	33,3%
Thrombozyten  100-800x10 <sup>9</sup> /l	Geburtsverlauf			
	keine Geburtshilfe	2,9%	94,8%	2,3%
	leichte Geburtshilfe	3,0%	92,5%	4,5%
	Schweregeburt	0,0%	100,0%	0,0%
LDH  700-1400 U/l	Geburtsverlauf			
	keine Geburtshilfe	39,5%	55,8%	4,7%
	leichte Geburtshilfe	49,2%	44,8%	6,0%
	Schweregeburt	33,3%	66,7%	0,0%
GLDH  41 U/l *	Geburtsverlauf			
	keine Geburtshilfe	0,0%	90,7%	9,3%
	leichte Geburtshilfe	0,0%	82,1%	17,9%
	Schweregeburt	0,0%	33,3%	66,7%
γ-GT  100 U/l	Geburtsverlauf			
	keine Geburtshilfe	12,2%	87,8%	0,0%
	leichte Geburtshilfe	14,9%	85,1%	0,0%
	Schweregeburt	0,0%	100,0%	0,0%
IgG 12,6-17,8 mg/ml	Geschlecht			
	männlich	26,3%	22,0%	51,7%
	weiblich	24,2%	21,8%	54,0%
Erythrozyten 5-10x10 <sup>12</sup> /l	Geschlecht			
	männlich	3,4%	88,1%	8,5%
	weiblich	1,6%	94,4%	4,0%
Hämatokrit 0,28-0,38 l/l	Geschlecht			
	männlich	7,6%	54,3%	38,1%
	weiblich	8,1%	55,6%	36,3%
Hämoglobin 5,6-8,7 mmol/l *	Geschlecht			
	männlich	7,6%	63,6%	28,8%
	weiblich	5,6%	81,5%	12,9%
Leukozyten 4-12x10 <sup>9</sup> /l	Geschlecht			
	männlich	3,4%	74,6%	22,0%
	weiblich	1,6%	84,7%	13,7%
Thrombozyten 100-800x10 <sup>9</sup> /l	Geschlecht			
	männlich	3,4%	94,9%	1,7%
	weiblich	2,4%	93,6%	4,0%
LDH 700-1400 U/l *	Geschlecht			
	männlich	31,4%	64,4%	4,2%
	weiblich	52,4%	41,9%	5,7%



Unabhängige Variable	Abhängige Variable	REFERENZBEREICH (Ref.b.)		
		unter Ref.b.	im Ref.b.	über Ref.b.
<b>KALB</b>				
GLDH 41 U/l	Geschlecht männlich	0,0%	83,9%	16,1%
	weiblich	0,0%	91,1%	8,9%
γ-GT 100 U/l	Geschlecht männlich	15,3%	84,7%	0,0%
	weiblich	10,5%	89,5%	0,0%
IgG 12,6-17,8 mg/ml *	Zeitpunkt Blutentnahme Stunden (h) post natum < 24 h p.n.	35,2%	21,1%	43,7%
	≥ 24 h < 48 h p.n.	18,0%	21,3%	60,7%
	≥ 48 h < 72 h p.n.	20,5%	23,3%	56,2%
	≥ 72 h p.n.	55,6%	22,2%	22,2%
Erythrozyten 5-10x10 <sup>12</sup> /l	Zeitpunkt Blutentnahme Stunden (h) post natum < 24 h p.n.	1,4%	90,1%	8,5%
	≥ 24 h < 48 h p.n.	2,2%	93,3%	4,5%
	≥ 48 h < 72 h p.n.	4,1%	89,0%	6,9%
	≥ 72 h p.n.	0,0%	100,0%	0,0%
Hämatokrit 0,28-0,38 l/l	Zeitpunkt Blutentnahme Stunden (h) post natum < 24 h p.n.	11,3%	60,5%	28,2%
	≥ 24 h < 48 h p.n.	6,7%	50,6%	42,7%
	≥ 48 h < 72 h p.n.	6,8%	54,8%	38,4%
	≥ 72 h p.n.	0,0%	55,6%	44,4%
Hämoglobin 5,6-8,7 mmol/l *	Zeitpunkt Blutentnahme Stunden (h) post natum < 24 h p.n.	4,3%	71,8%	23,9%
	≥ 24 h < 48 h p.n.	0,0%	79,8%	20,2%
	≥ 48 h < 72 h p.n.	17,8%	64,4%	17,8%
	≥ 72 h p.n.	0,0%	77,8%	22,2%
Leukozyten 4-12x10 <sup>9</sup> /l *	Zeitpunkt Blutentnahme Stunden (h) post natum < 24 h p.n.	2,8%	62,0%	35,2%
	≥ 24 h < 48 h p.n.	1,1%	85,4%	13,5%
	≥ 48 h < 72 h p.n.	4,1%	90,4%	5,5%
	≥ 72 h p.n.	0,0%	77,8%	22,2%
Thrombozyten 100-800x10 <sup>9</sup> /l	Zeitpunkt Blutentnahme Stunden (h) post natum < 24 h p.n.	2,8%	90,2%	7,0%
	≥ 24 h < 48 h p.n.	1,2%	96,6%	2,2%
	≥ 48 h < 72 h p.n.	5,5%	94,5%	0,0%
	≥ 72 h p.n.	0,0%	100,0%	0,0%



Unabhängige Variable	Abhängige Variable	REFERENZBEREICH (Ref.b.)		
		unter Ref.b.	im Ref.b.	über Ref.b.
<b>KALB</b>				
LDH  700-1400 U/l	Zeitpunkt Blutentnahme Stunden (h) post natum < 24 h p.n.	49,3%	46,5%	4,2%
	≥ 24 h < 48 h p.n.	40,4%	55,1%	4,5%
	≥ 48 h < 72 h p.n.	38,4%	54,8%	6,8%
	≥ 72 h p.n.	33,3%	66,7%	0,0%
GLDH  41 U/l	Zeitpunkt Blutentnahme Stunden (h) post natum < 24 h p.n.	0,0%	90,1%	9,9%
	≥ 24 h < 48 h p.n.	0,0%	88,8%	11,2%
	≥ 48 h < 72 h p.n.	0,0%	82,2%	17,8%
	≥ 72 h p.n.	0,0%	100,0%	0,0%
γ-GT  100 U/l  *	Zeitpunkt Blutentnahme Stunden (h) post natum < 24 h p.n.	22,5%	77,5%	0,0%
	≥ 24 h < 48 h p.n.	5,6%	94,4%	0,0%
	≥ 48 h < 72 h p.n.	9,6%	90,4%	0,0%
	≥ 72 h p.n.	33,3%	66,7%	0,0%
IgG  12,6-17,8 mg/ml	Zeitpunkt Kolostrumfütterung Stunden (h) post natum < 2 h	16,9%	22,9%	60,2%
	≥ 2 h < 4 h	16,7%	22,2%	61,1%
	≥ 4 h	27,8%	22,2%	50,0%
Erythrozyten  5-10x10 <sup>12</sup> /l	Zeitpunkt Kolostrumfütterung Stunden (h) post natum < 2 h	3,4%	89,8%	6,8%
	≥ 2 h < 4 h	0,0%	100,0%	0,0%
	≥ 4 h	5,6%	94,4%	0,0%
Hämatokrit  0,28-0,38 l/l	Zeitpunkt Kolostrumfütterung Stunden (h) post natum < 2 h	5,9%	50,0%	44,1%
	≥ 2 h < 4 h	0,0%	55,6%	44,4%
	≥ 4 h	22,2%	50,0%	27,8%
Hämoglobin  5,6-8,7 mmol/l	Zeitpunkt Kolostrumfütterung Stunden (h) post natum < 2 h	11,0%	71,2%	17,8%
	≥ 2 h < 4 h	0,0%	88,9%	11,1%
	≥ 4 h	0,0%	83,3%	16,7%
Leukozyten  4-12x10 <sup>9</sup> /l	Zeitpunkt Kolostrumfütterung Stunden (h) post natum < 2 h	3,4%	86,4%	10,2%
	≥ 2 h < 4 h	0,0%	94,4%	5,6%
	≥ 4 h	0,0%	100,0%	0,0%

Unabhängige Variable	Abhängige Variable	REFERENZBEREICH (Ref.b.)		
		unter Ref.b.	im Ref.b.	über Ref.b.
KALB				
Thrombozyten 100-800x10 <sup>9</sup> /l	Zeitpunkt Kolostrumfütterung Stunden (h) post natum 			

Unabhängige Variable	Abhängige Variable	REFERENZBEREICH (Ref.b.)		
		unter Ref.b.	im Ref.b.	über Ref.b.
KALB				
GLDH 41 U/l	Kalb säuft Erstkolostrum bei Kuh			
	ja	0,0%	92,0%	8,0%
	nein	0,0%	87,1%	12,9%
$\gamma$ -GT 100 U/l *	Kalb säuft Erstkolostrum bei Kuh			
	ja	28,0%	72,0%	0,0%
	nein	11,1%	88,9%	0,0%
Unabhängige Variable	Abhängige Variable	REFERENZBEREICH (Ref.b.)		
		unter Ref.b.	im Ref.b.	über Ref.b.
KUH				
IgG-Serum 16,4-30,4 mg/ml *	Jahreszeit			
	Frühling	5,9%	55,5%	38,6%
	Sommer	5,1%	53,4%	41,5%
	Herbst	6,3%	75,3%	18,4%
	Winter	3,2%	54,4%	42,4%
IgG-Kolostrum 24-80 mg/ml	Jahreszeit			
	Frühling	9,1%	73,9%	17,0%
	Sommer	9,2%	73,7%	17,1%
	Herbst	9,6%	73,9%	16,5%
	Winter	9,8%	73,4%	16,8%
Erythrozyten 5-10x10 <sup>12</sup> /l	Jahreszeit			
	Frühling	4,7%	94,9%	0,4%
	Sommer	10,3%	89,7%	0,0%
	Herbst	9,0%	91,0%	0,0%
	Winter	12,4%	87,1%	0,5%
Hämatokrit 0,28-0,38 l/l *	Jahreszeit			
	Frühling	30,1%	65,7%	4,2%
	Sommer	30,3%	68,8%	0,9%
	Herbst	38,1%	58,3%	3,6%
	Winter	43,3%	55,8%	0,9%
Hämoglobin 5,6-8,7 mmol/l *	Jahreszeit			
	Frühling	10,6%	88,6%	0,8%
	Sommer	15,3%	74,4%	10,3%
	Herbst	12,5%	84,8%	2,7%
	Winter	23,0%	77,0%	0,0%
Leukozyten 5-10x10 <sup>9</sup> /l *	Jahreszeit			
	Frühling	19,0%	72,9%	8,1%
	Sommer	15,4%	73,1%	11,5%
	Herbst	14,8%	77,6%	7,6%
	Winter	23,0%	74,7%	2,3%

Unabhängige Variable	Abhängige Variable	REFERENZBEREICH (Ref.b.)		
		unter Ref.b.	im Ref.b.	über Ref.b.
<b>KUH</b>				
Thrombozyten 100-800x10 <sup>9</sup> /l *	Jahreszeit			
	Frühling	2,1%	96,6%	1,3%
	Sommer	5,6%	94,0%	0,4%
	Herbst	2,7%	94,6%	2,7%
	Winter	1,3%	92,2%	6,5%
LDH 700-1400 U/l *	Jahreszeit			
	Frühling	2,1%	76,3%	21,6%
	Sommer	0,0%	79,5%	20,5%
	Herbst	1,4%	92,8%	5,8%
	Winter	1,4%	90,3%	8,3%
GLDH 30 U/l	Jahreszeit			
	Frühling	0,0%	91,5%	8,5%
	Sommer	0,0%	92,3%	7,7%
	Herbst	0,0%	91,5%	8,5%
	Winter	0,0%	93,1%	6,9%
γ-GT 50 U/l	Jahreszeit			
	Frühling	0,0%	97,9%	2,1%
	Sommer	0,0%	97,9%	2,1%
	Herbst	0,0%	96,9%	3,1%
	Winter	0,0%	97,2%	2,8%
IgG-Serum 16,4-30,4 mg/ml *	Blutprobe vor/nach Weidegang			
	vor Weidegang	3,2%	54,4%	42,4%
	nach Weidegang	9,3%	76,3%	14,4%
IgG-Kolostrum 24-80 mg/ml	Blutprobe vor/nach Weidegang			
	vor Weidegang	13,0%	66,7%	20,3%
	nach Weidegang	13,8%	66,4%	19,8%
Erythrozyten 5-10x10 <sup>12</sup> /l	Blutprobe vor/nach Weidegang			
	vor Weidegang	8,8%	91,2%	0,0%
	nach Weidegang	11,9%	87,3%	0,8%
Hämatokrit 0,28-0,38 l/l	Blutprobe vor/nach Weidegang			
	vor Weidegang	32,0%	64,8%	3,2%
	nach Weidegang	31,4%	66,1%	2,5%
Hämoglobin 5,6-8,7 mmol/l	Blutprobe vor/nach Weidegang			
	vor Weidegang	12,8%	81,6%	5,6%
	nach Weidegang	11,0%	87,3%	1,7%

Unabhängige Variable	Abhängige Variable	REFERENZBEREICH (Ref.b.)		
		unter Ref.b.	im Ref.b.	über Ref.b.
<b>KUH</b>				
Leukozyten $5-10 \times 10^9/l$	Blutprobe vor/nach Weidegang			
	vor Weidegang	12,8%	81,6%	5,6%
	nach Weidegang	12,7%	76,3%	11,0%
Thrombozyten $100-800 \times 10^9/l$	Blutprobe vor/nach Weidegang			
	vor Weidegang	2,4%	97,6%	0,0%
	nach Weidegang	2,5%	95,8%	1,7%
LDH $700-1400 U/l$ *	Blutprobe vor/nach Weidegang			
	vor Weidegang	0,8%	76,8%	22,4%
	nach Weidegang	0,0%	93,2%	6,8%
GLDH $30 U/l$	Blutprobe vor/nach Weidegang			
	vor Weidegang	0,0%	93,6%	6,4%
	nach Weidegang	0,0%	92,4%	7,6%
$\gamma$ -GT $50 U/l$	Blutprobe vor/nach Weidegang			
	vor Weidegang	0,0%	96,8%	3,2%
	nach Weidegang	0,0%	98,3%	1,7%
IgG-Serum $16,4-30,4 mg/ml$	Haltung der Kühe			
	1) AoW	5,6%	63,1%	31,3%
	2) LoW	5,5%	58,1%	36,4%
	3) AmW	5,1%	62,1%	32,8%
	4) LmW	4,6%	56,4%	39,0%
IgG-Kolostrum $24-80 mg/ml$ *	Haltung der Kühe			
	1) AoW	3,6%	90,0%	6,4%
	2) LoW	6,1%	73,7%	20,2%
	3) AmW	9,6%	67,2%	23,2%
	4) LmW	16,9%	65,4%	17,7%
Erythrozyten $5-10 \times 10^{12}/l$	Haltung der Kühe			
	1) AoW	7,3%	92,3%	0,4%
	2) LoW	7,1%	92,9%	0,0%
	3) AmW	11,5%	88,1%	0,4%
	4) LmW	9,5%	90,5%	0,0%
Hämatokrit $0,28-0,38 l/l$	Haltung der Kühe			
	1) AoW	37,3%	60,1%	2,6%
	2) LoW	40,9%	56,1%	3,0%
	3) AmW	32,8%	64,8%	2,4%
	4) LmW	29,9%	68,5%	1,6%

Unabhängige Variable	Abhängige Variable	REFERENZBEREICH (Ref.b.)		
		unter Ref.b.	im Ref.b.	über Ref.b.
<b>KUH</b>				
Hämoglobin 5,6-8,7 mmol/l	Haltung der Kühe			
	1) AoW	17,2%	81,5%	1,3%
	2) LoW	16,7%	79,8%	3,5%
	3) AmW	13,8%	82,6%	3,6%
Leukozyten 5-10x10 <sup>9</sup> /l *	4) LmW	13,3%	81,3%	5,4%
	Haltung der Kühe			
	1) AoW	15,5%	76,8%	7,7%
	2) LoW	24,7%	70,7%	4,6%
Thrombozyten 100-800x10 <sup>9</sup> /l	3) AmW	13,4%	77,9%	8,7%
	4) LmW	19,1%	72,2%	8,7%
	Haltung der Kühe			
	1) AoW	2,6%	93,6%	3,8%
LDH 700-1400 U/l	2) LoW	2,5%	95,0%	2,5%
	3) AmW	3,2%	92,8%	4,0%
	4) LmW	3,3%	95,4%	1,3%
	Haltung der Kühe			
GLDH 30 U/l	1) AoW	1,7%	83,7%	14,6%
	2) LoW	1,5%	88,9%	9,6%
	3) AmW	1,2%	82,6%	16,2%
	4) LmW	0,4%	84,2%	15,4%
γ-GT 50 U/l *	Haltung der Kühe			
	1) AoW	0,0%	91,8%	8,2%
	2) LoW	0,0%	90,9%	9,1%
	3) AmW	0,0%	91,3%	8,7%
IgG-Serum 16,4-30,4 mg/ml	4) LmW	0,0%	94,2%	5,8%
	Haltung der Kühe			
	1) AoW	0,0%	99,1%	0,9%
	2) LoW	0,0%	94,4%	5,6%
IgG-Kolostrum 24-80 mg/ml *	3) AmW	0,0%	97,6%	2,4%
	4) LmW	0,0%	98,3%	1,7%
	Betriebsphilosophie			
	Biologischer Betrieb	2,5%	56,5%	41,0%
Erythrozyten 5-10x10 <sup>12</sup> /l	Konventioneller Betrieb	5,8%	60,7%	33,5%
	Betriebsphilosophie			
	Biologischer Betrieb	25,5%	62,4%	12,1%
	Konventioneller Betrieb	5,9%	76,1%	18,0%
Hämatokrit 0,28-0,38 l/l	Betriebsphilosophie			
	Biologischer Betrieb	13,0%	87,0%	0,0%
	Konventioneller Betrieb	8,1%	91,6%	0,3%
	Betriebsphilosophie			
	Biologischer Betrieb	32,3%	65,2%	2,5%
	Konventioneller Betrieb	35,4%	62,2%	2,4%



Unabhängige Variable	Abhängige Variable	REFERENZBEREICH (Ref.b.)		
		unter Ref.b.	im Ref.b.	über Ref.b.
<b>KUH</b>				
Hämoglobin 5,6-8,7 mmol/l	Betriebsphilosophie			
	Biologischer Betrieb	15,5%	79,5%	5,0%
	Konventioneller Betrieb	15,1%	81,8%	3,1%
Leukozyten 5-10x10 <sup>9</sup> /l	Betriebsphilosophie			
	Biologischer Betrieb	19,9%	70,2%	9,9%
	Konventioneller Betrieb	17,4%	75,5%	7,1%
Thrombozyten 100-800x10 <sup>9</sup> /l	Betriebsphilosophie			
	Biologischer Betrieb	2,5%	96,9%	0,6%
	Konventioneller Betrieb	3,0%	93,6%	3,4%
LDH 700-1400 U/l	Betriebsphilosophie			
	Biologischer Betrieb	0,0%	82,6%	17,4%
	Konventioneller Betrieb	1,4%	85,1%	13,5%
GLDH 30 U/l	Betriebsphilosophie			
	Biologischer Betrieb	0,0%	92,5%	7,5%
	Konventioneller Betrieb	0,0%	92,0%	8,0%
γ-GT 50 U/l	Betriebsphilosophie			
	Biologischer Betrieb	0,0%	97,5%	2,5%
	Konventioneller Betrieb	0,0%	97,5%	2,5%
IgG-Serum 16,4-30,4 mg/ml	Mutterschutzimpfung			
	ja	3,5%	59,7%	36,8%
	nein	5,4%	60,0%	34,6%
IgG-Kolostrum 24-80 mg/ml *	Mutterschutzimpfung			
	ja	2,8%	82,6%	14,6%
	nein	10,5%	72,0%	17,5%
Erythrozyten 5-10x10 <sup>12</sup> /l	Mutterschutzimpfung			
	ja	9,0%	90,3%	0,7%
	nein	8,6%	91,3%	0,1%
Hämatokrit 0,28-0,38 l/l	Mutterschutzimpfung			
	ja	42,4%	56,3%	1,3%
	nein	33,0%	64,4%	2,6%
Hämoglobin 5,6-8,7 mmol/l	Mutterschutzimpfung			
	ja	18,8%	81,2%	0,0%
	nein	14,0%	81,9%	4,2%
Leukozyten 5-10x10 <sup>9</sup> /l	Mutterschutzimpfung			
	ja	16,7%	76,4%	6,9%
	nein	18,1%	74,3%	7,6%
Thrombozyten 100-800x10 <sup>9</sup> /l	Mutterschutzimpfung			
	ja	0,7%	93,7%	5,6%
	nein	3,4%	94,3%	2,3%
LDH 700-1400 U/l	Mutterschutzimpfung			
	ja	0,7%	86,8%	12,5%
	nein	1,3%	84,6%	14,1%

Unabhängige Variable	Abhängige Variable	REFERENZBEREICH (Ref.b.)		
		unter Ref.b.	im Ref.b.	über Ref.b.
<b>KUH</b>				
GLDH 30 U/l	Mutterschutzimpfung ja	0,0%	87,5%	12,5%
	nein	0,0%	92,8%	7,2%
$\gamma$ -GT 50 U/l	Mutterschutzimpfung ja	0,0%	97,9%	2,1%
	nein	0,0%	97,4%	2,6%
IgG-Serum * 16,4-30,4 mg/ml	Blutprobe post partal	9,2%	53,3%	37,6%
	Blutprobe nicht post partal	3,8%	62,1%	34,1%
Erythrozyten * 5-10x10 <sup>12</sup> /l	Blutprobe post partal	1,7%	97,8%	0,4%
	Blutprobe nicht post partal	11,6%	88,3%	0,1%
Hämatokrit * 0,28-0,38 l/l	Blutprobe post partal	5,2%	89,5%	5,3%
	Blutprobe nicht post partal	44,6%	53,9%	1,5%
Hämoglobin * 5,6-8,7 mmol/l	Blutprobe post partal	1,7%	87,8%	10,5%
	Blutprobe nicht post partal	19,5%	79,3%	1,2%
Leukozyten * 5-10x10 <sup>9</sup> /l	Blutprobe post partal	13,1%	71,6%	15,3%
	Blutprobe nicht post partal	19,5%	75,7%	4,8%
Thrombozyten 100-800x10 <sup>9</sup> /l	Blutprobe post partal	4,4%	92,1%	3,5%
	Blutprobe nicht post partal	2,5%	94,9%	2,6%
LDH * 700-1400 U/l	Blutprobe post partal	0,4%	72,1%	27,5%
	Blutprobe nicht post partal	1,4%	89,4%	9,2%
GLDH 30 U/l	Blutprobe post partal	0,0%	96,1%	3,9%
	Blutprobe nicht post partal	0,0%	90,7%	9,3%
$\gamma$ -GT 50 U/l	Blutprobe post partal	0,0%	97,4%	2,6%
	Blutprobe nicht post partal	0,0%	97,5%	2,5%
IgG-Serum 16,4-30,4 mg/ml	Verschmutzungsgrad keine Verschmutzung	8,1%	60,1%	31,8%
	geringgradige Verschmutzung	4,6%	58,1%	37,3%
	mittelgradige Verschmutzung	1,2%	63,4%	35,4%
	hochgradige Verschmutzung	0,0%	62,5%	37,5%
IgG-Kolostrum 24-80 mg/ml	Verschmutzungsgrad keine Verschmutzung	8,2%	75,1%	16,7%
	geringgradige Verschmutzung	9,7%	69,9%	20,4%
	mittelgradige Verschmutzung	11,3%	77,5%	11,2%
	hochgradige Verschmutzung	6,7%	83,3%	10,0%
Erythrozyten 5-10x10 <sup>12</sup> /l	Verschmutzungsgrad keine Verschmutzung	7,8%	91,6%	0,6%
	geringgradige Verschmutzung	10,8%	89,2%	0,0%
	mittelgradige Verschmutzung	7,9%	92,1%	0,0%
	hochgradige Verschmutzung	6,2%	93,8%	0,0%



Unabhängige Variable	Abhängige Variable	REFERENZBEREICH (Ref.b.)		
		unter Ref.b.	im Ref.b.	über Ref.b.
<b>KUH</b>				
Hämatokrit  0,28-0,38 l/l *	Verschmutzungsgrad keine Verschmutzung	28,7%	68,8%	2,5%
	geringgradige Verschmutzung	41,4%	55,9%	2,7%
	mittelgradige Verschmutzung	38,4%	59,8%	1,8%
	hochgradige Verschmutzung	12,5%	87,5%	0,0%
Hämoglobin  5,6-8,7 mmol/l *	Verschmutzungsgrad keine Verschmutzung	13,4%	80,8%	5,8%
	geringgradige Verschmutzung	16,5%	81,4%	2,1%
	mittelgradige Verschmutzung	17,7%	81,1%	1,2%
	hochgradige Verschmutzung	6,3%	90,6%	3,1%
Leukozyten  5-10x10 <sup>9</sup> /l	Verschmutzungsgrad keine Verschmutzung	17,0%	74,9%	8,1%
	geringgradige Verschmutzung	20,3%	72,7%	7,0%
	mittelgradige Verschmutzung	17,1%	76,8%	6,1%
	hochgradige Verschmutzung	3,1%	81,3%	15,6%
Thrombozyten  100-800x10 <sup>9</sup> /l	Verschmutzungsgrad keine Verschmutzung	3,0%	94,2%	2,8%
	geringgradige Verschmutzung	2,7%	94,6%	2,7%
	mittelgradige Verschmutzung	1,8%	93,9%	4,3%
	hochgradige Verschmutzung	9,4%	90,6%	0,0%
LDH  700-1400 U/l	Verschmutzungsgrad keine Verschmutzung	0,6%	83,8%	15,6%
	geringgradige Verschmutzung	2,5%	85,9%	11,6%
	mittelgradige Verschmutzung	0,0%	83,5%	16,5%
	hochgradige Verschmutzung	0,0%	84,4%	15,6%
GLDH  30U/l	Verschmutzungsgrad keine Verschmutzung	0,0%	92,2%	7,8%
	geringgradige Verschmutzung	0,0%	92,2%	7,8%
	mittelgradige Verschmutzung	0,0%	90,9%	9,1%
	hochgradige Verschmutzung	0,0%	96,9%	3,1%
γ-GT  50 U/l	Verschmutzungsgrad keine Verschmutzung	0,0%	97,2%	2,8%
	geringgradige Verschmutzung	0,0%	97,8%	2,2%
	mittelgradige Verschmutzung	0,0%	97,0%	3,0%
	hochgradige Verschmutzung	0,0%	100,0%	0,0%

**Tabelle 39:** Darstellung von Mittelwert, Median, Minimum (=Min), Maximum (=Max) sowie Standardabweichung (SD) und –fehler (SE) der Blutparameter von Kalb und Kuh; \*= $p < 0,05$

Unabhängige Variable	Abhängige Variable	MITTEL-WERT	MEDIAN	MIN	MAX	SD	SE
<b>KALB</b>							
IgG mg/ml	Jahreszeit						
	Frühling	20,6	18,3	2,2	46,4	10,8	1,5
	Sommer	22,1	19,2	2,9	49,1	12,4	1,6
	Herbst	20,9	19,3	1,5	42,9	10,1	2,1
	Winter	22,6	19,7	9,0	51,3	10,7	1,8
IgG-Gesamt- aufnahme (g)	Jahreszeit						
	Frühling	102,3	98,4	6,3	295,3	52,6	7,5
	Sommer	103,6	97,0	9,6	303,4	67,1	9,6
	Herbst	123,8	123,1	31,9	289,3	69,8	14,9
	Winter	80,6	56,0	7,3	375,6	74,5	12,8
Erythrozyten $\times 10^{12}/l$	Jahreszeit						
	Frühling	8,3	8,5	0,1	10,8	1,5	0,2
	Sommer	8,1	8,2	4,8	10,9	1,2	0,1
	Herbst	8,2	8,5	4,1	10,7	1,4	0,2
	Winter	8,0	8,3	4,1	10,5	1,5	0,2
Hämatokrit  l/l	Jahreszeit						
	Frühling	0,4	0,4	0,2	0,5	0,1	0,0
	Sommer	0,4	0,4	0,2	0,5	0,1	0,0
	Herbst	0,3	0,4	0,2	0,4	0,1	0,0
	Winter	0,4	0,4	0,2	0,5	0,1	0,0
Hämoglobin *  mmol/l	Jahreszeit						
	Frühling	7,6	7,6	0,1	9,7	1,4	0,1
	Sommer	8,8	7,7	5,3	9,2	5,6	0,6
	Herbst	7,4	7,4	3,7	9,4	1,2	0,2
	Winter	7,2	7,5	3,8	9,5	1,4	0,2
Leukozyten  $\times 10^9/l$	Jahreszeit						
	Frühling	8,9	8,5	2,0	27,6	3,4	0,4
	Sommer	9,6	8,3	3,4	22,2	4,1	0,4
	Herbst	9,8	8,6	4,3	22,4	4,2	0,7
	Winter	8,5	7,9	2,7	16,0	3,2	0,5
Thrombozyten  $\times 10^9/l$ *	Jahreszeit						
	Frühling	337,0	337,5	15,0	1228,0	143,1	15,3
	Sommer	369,1	347,5	10,0	1226,0	187,8	20,7
	Herbst	403,7	344,0	235,0	1105,0	188,6	33,9
	Winter	431,9	378,0	105,0	1201,0	215,5	34,1
LDH  U/l	Jahreszeit						
	Frühling	851,5	722,4	464,3	7250,0	724,9	77,3
	Sommer	866,4	734,8	460,3	7756,1	807,3	89,7
	Herbst	720,5	687,6	495,8	1122,8	141,4	25,0
	Winter	923,1	680,1	551,3	8823,9	1292,9	204,4
GLDH  U/l	Jahreszeit						
	Frühling	26,8	10,8	2,9	495,2	64,5	6,9
	Sommer	18,1	11,5	3,3	101,4	18,9	2,1
	Herbst	18,6	12,7	5,0	119,9	21,7	3,8
	Winter	19,0	13,2	6,8	103,9	20,3	3,2

Unabhängige Variable	Abhängige Variable	MITTEL-WERT	MEDIAN	MIN	MAX	SD	SE
<b>KALB</b>							
γ-GT  U/l	Jahreszeit						
	Frühling	1086,4	731,8	4,8	6588,5	1219,8	230,0
	Sommer	602,2	409,4	7,0	3639,0	620,0	68,9
	Herbst	1547,8	1247,6	12,7	5437,6	1344,5	237,7
	Winter	893,5	588,7	9,3	4007,8	897,6	141,9
IgG mg/ml	Zwilling	21,6	18,8	10,9	38,6	10,1	2,3
	Nicht-Zwilling	21,6	19,0	1,5	51,3	11,4	0,9
Erythrozyten x10 <sup>12</sup> /l	Zwilling	7,5	7,3	4,1	10,9	1,7	0,3
	Nicht-Zwilling	8,3	8,4	0,1	10,8	1,3	0,1
Hämatokrit l/l	Zwilling	0,4	0,4	0,2	0,5	0,1	0,0
	Nicht-Zwilling	0,4	0,4	0,2	0,5	0,1	0,0
Hämoglobin * mmol/l	Zwilling	8,7	6,9	3,7	55,2	9,5	1,8
	Nicht-Zwilling	7,8	7,7	0,1	13,8	1,6	0,1
Leukozyten x10 <sup>9</sup> /l	Zwilling	9,5	9,1	2,7	20,5	4,0	0,8
	Nicht-Zwilling	9,2	8,4	2,0	27,6	3,7	0,3
Thrombozyten x10 <sup>9</sup> /l	Zwilling	435,1	379,0	57,0	1175,0	215,0	42,2
	Nicht-Zwilling	364,7	348,0	10,0	1228,0	174,7	11,9
LDH * U/l	Zwilling	650,8	651,3	463,2	892,7	96,0	18,5
	Nicht-Zwilling	876,3	728,0	460,3	8823,9	874,7	59,8
GLDH U/l	Zwilling	15,1	11,5	5,6	55,7	12,3	2,4
	Nicht-Zwilling	22,3	11,7	2,9	495,2	44,4	3,0
γ-GT U/l	Zwilling	871,1	741,6	97,4	3512,7	732,9	141,0
	Nicht-Zwilling	963,2	596,0	4,8	6588,5	1097,3	75,0
IgG  mg/ml *	Haltung der Kühe						
	1) AoW	23,3	21,2	3,3	51,3	11,7	1,8
	2) LoW	18,0	16,7	2,2	46,4	9,3	1,5
	3) AmW	23,3	20,4	2,9	48,1	11,4	1,6
	4) LmW	20,9	18,6	1,5	49,1	11,7	1,8
Erythrozyten  x10 <sup>12</sup> /l	Haltung der Kühe						
	1) AoW	8,4	8,4	4,4	10,5	1,3	0,2
	2) LoW	8,0	8,2	0,1	10,8	1,6	0,2
	3) AmW	8,2	8,3	4,1	10,8	1,2	0,2
	4) LmW	8,1	8,3	4,1	10,9	1,4	0,2
Hämatokrit  l/l	Haltung der Kühe						
	1) AoW	0,4	0,4	0,2	0,5	0,1	0,0
	2) LoW	0,4	0,4	0,2	0,5	0,1	0,0
	3) AmW	0,4	0,4	0,2	0,5	0,1	0,0
	4) LmW	0,4	0,4	0,2	0,5	0,1	0,0
Hämoglobin  mmol/l	Haltung der Kühe						
	1) AoW	7,8	7,7	4,0	14,0	1,5	0,2
	2) LoW	8,5	7,4	4,1	25,2	6,7	0,9
	3) AmW	7,8	7,7	3,8	13,8	1,8	0,2
	4) LmW	7,7	7,7	0,1	11,4	1,8	0,2

Unabhängige Variable	Abhängige Variable	MITTEL-WERT	MEDIAN	MIN	MAX	SD	SE
<b>KALB</b>							
<i>Leukozyten</i>  <i>x10<sup>9</sup>/l</i>	<i>Haltung der Kühe</i>						
	1) AoW	8,7	8,3	2,7	20,1	3,3	0,4
	2) LoW	9,0	7,9	2,0	27,6	4,5	0,6
	3) AmW	9,5	9,3	3,4	21,1	3,4	0,4
	4) LmW	9,5	8,8	4,3	22,4	3,8	0,5
<i>Thrombozyten</i>  <i>x10<sup>9</sup>/l</i>	<i>Haltung der Kühe</i>						
	1) AoW	366,6	373,5	36,0	1201,0	166,2	21,5
	2) LoW	354,4	327,0	15,0	1228,0	198,0	27,2
	3) AmW	374,8	349,0	10,0	1105,0	193,0	23,9
	4) LmW	390,0	353,0	72,0	1226,0	166,0	20,9
<i>LDH</i>  <i>U/l</i>	<i>Haltung der Kühe</i>						
	1) AoW	1052,5	718,3	558,6	8823,9	1394,5	181,6
	2) LoW	893,2	732,5	464,3	7250,0	912,1	125,3
	3) AmW	763,0	718,4	551,3	1848,0	221,3	27,4
	4) LmW	719,8	717,5	460,3	1122,8	135,6	17,0
<i>GLDH</i>  <i>U/l</i>	<i>Haltung der Kühe</i>						
	1) AoW	25,4	12,9	4,8	339,3	47,1	6,1
	2) LoW	27,2	9,9	2,9	495,2	69,4	9,5
	3) AmW	17,9	13,3	3,3	119,9	17,4	2,2
	4) LmW	16,6	11,3	4,8	101,4	18,4	2,3
<i>γ-GT</i>  <i>U/l</i>	<i>Haltung der Kühe</i>						
	1) AoW	1020,5	622,4	9,3	5226,5	1130,6	147,2
	2) LoW	921,5	722,0	4,8	3659,9	900,1	123,6
	3) AmW	1146,8	606,6	7,0	6588,5	1297,7	161,0
	4) LmW	719,7	411,4	10,3	4525,4	800,6	100,1
<i>IgG</i>  <i>mg/ml</i>	<i>Haltung der Kälber</i>						
	Anbindung	20,0	17,1	8,2	37,0	10,7	3,6
	Holzbox/Iglu	21,8	19,2	1,5	51,3	11,3	0,9
	Gruppenhaltung	24,8	20,5	18,5	40,7	8,9	3,7
	Laufstall bei Mutter	15,9	9,0	5,1	36,6	13,6	5,6
<i>IgG-Gesamt-aufnahme (g)</i>	<i>Haltung der Kälber</i>						
	Anbindung	110,1	98,0	55,5	231,5	57,5	20,3
	Holzbox/Iglu	99,3	91,8	6,3	375,6	67,1	5,7
	Gruppenhaltung	128,4	127,9	71,6	179,7	35,7	14,6
<i>Erythrozyten</i>  <i>x10<sup>12</sup>/l</i>	<i>Haltung der Kälber</i>						
	Anbindung	8,1	8,5	4,4	10,8	1,6	0,4
	Holzbox/Iglu	8,2	8,3	0,1	10,9	1,4	0,1
	Gruppenhaltung	7,6	7,4	6,0	9,3	1,1	0,4
	Laufstall bei Mutter	7,8	7,6	4,1	10,7	1,8	0,5
<i>Hämatokrit</i>  <i>l/l</i>	<i>Haltung der Kälber</i>						
	Anbindung	0,4	0,4	0,2	0,5	0,1	0,0
	Holzbox/Iglu	0,4	0,4	0,2	0,5	0,1	0,0
	Gruppenhaltung	0,3	0,4	0,3	0,4	0,0	0,0
	Laufstall bei Mutter	0,3	0,4	0,2	0,4	0,1	0,0

Unabhängige Variable	Abhängige Variable	MITTEL-WERT	MEDIAN	MIN	MAX	SD	SE
<b>KALB</b>							
<i>Hämoglobin</i>  <i>mmol/l</i>	<i>Haltung der Kälber</i>						
	Anbindung	7,3	7,4	4,0	10,0	1,5	0,4
	Holzbox/Iglu	8,0	7,7	0,1	55,2	3,7	0,3
	Gruppenhaltung	7,0	6,9	6,2	7,9	0,5	0,2
	Laufstall bei Mutter	7,4	7,3	3,7	9,8	1,7	0,5
<i>Leukozyten</i>  <i>x10<sup>9</sup>/l</i>	<i>Haltung der Kälber</i>						
	Anbindung	8,8	7,8	3,4	17,0	3,5	0,9
	Holzbox/Iglu	9,1	8,3	2,0	27,6	3,7	0,3
	Gruppenhaltung	10,0	9,6	6,6	13,6	2,5	1,0
	Laufstall bei Mutter	11,8	11,4	4,9	20,5	4,7	1,4
<i>Thrombozyten</i>  <i>x10<sup>9</sup>/l</i>	<i>Haltung der Kälber</i>						
	Anbindung	474,8	465,0	191,0	749,0	167,5	43,3
	Holzbox/Iglu	360,4	345,0	10,0	1228,0	174,0	12,1
	Gruppenhaltung	329,3	284,0	261,0	442,0	73,7	27,9
	Laufstall bei Mutter	484,1	418,0	218,0	1226,0	277,0	83,5
<i>LDH</i>  <i>U/l</i>	<i>Haltung der Kälber</i>						
	Anbindung	832,8	774,7	593,7	1832,2	299,4	77,3
	Holzbox/Iglu	866,2	723,0	460,3	8823,9	886,0	61,4
	Gruppenhaltung	723,8	714,8	596,4	876,3	85,0	32,1
	Laufstall bei Mutter	668,9	667,5	495,8	867,4	99,5	30,0
<i>GLDH</i>  <i>U/l</i>	<i>Haltung der Kälber</i>						
	Anbindung	20,7	14,5	3,3	101,3	23,1	6,0
	Holzbox/Iglu	22,0	11,5	2,9	495,2	44,6	3,1
	Gruppenhaltung	22,4	12,9	6,2	79,8	25,7	9,7
	Laufstall bei Mutter	12,5	9,5	5,3	32,5	7,9	2,4
<i>γ-GT</i>  <i>U/l</i>	<i>Haltung der Kälber</i>						
	Anbindung	992,9	727,1	7,0	2823,5	899,6	232,3
	Holzbox/Iglu	948,6	579,0	4,8	6588,5	1071,3	74,3
	Gruppenhaltung	915,2	1077,1	10,3	1625,7	621,4	234,9
	Laufstall bei Mutter	1003,2	627,0	12,7	4525,4	1391,7	419,6
<i>IgG</i> <i>12,6-17,8 mg/ml</i>	<i>Mutterschutzimpfung</i>						
	ja	17,2	18,3	0,0	42,0	10,2	1,7
	nein	20,9	18,7	0,0	51,3	11,5	0,8
<i>IgG</i> <i>12,6-17,8 mg/ml</i>	<i>Geburtsverlauf</i>						
	keine Geburtshilfe	21,2	18,9	2,2	48,1	11,0	1,0
	leichte Geburtshilfe	22,9	19,6	1,5	51,3	11,9	1,9
	Schwergeburt	16,4	16,4	7,8	25,0	12,1	8,6
<i>Erythrozyten</i> <i>5-10x10<sup>12</sup>/l</i>	<i>Geburtsverlauf</i>						
	keine Geburtshilfe	8,3	8,5	4,1	10,8	1,2	0,1
	leichte Geburtshilfe	7,8	8,2	0,1	10,9	1,7	0,2
	Schwergeburt	8,8	9,3	7,9	9,4	0,8	0,5
<i>Hämatokrit</i> <i>0,28-0,38 l/l</i>	<i>Geburtsverlauf</i>						
	keine Geburtshilfe	0,4	0,4	0,2	0,5	0,1	0,0
	leichte Geburtshilfe	0,4	0,4	0,2	0,5	0,1	0,0
	Schwergeburt	0,4	0,4	0,3	0,4	0,1	0,0

Unabhängige Variable	Abhängige Variable	MITTEL-WERT	MEDIAN	MIN	MAX	SD	SE
<b>KALB</b>							
Hämoglobin 5,6-8,7 mmol/l	Geburtsverlauf						
	keine Geburtshilfe	8,2	7,7	3,7	55,2	4,0	0,3
	leichte Geburtshilfe	7,2	7,4	0,1	9,2	1,5	0,2
	Schweregeburt	7,5	7,6	6,8	8,0	0,6	0,4
Leukozyten 4-12x10 <sup>9</sup> /l	Geburtsverlauf						
	keine Geburtshilfe	9,3	8,4	2,0	27,6	3,8	0,3
	leichte Geburtshilfe	8,9	8,3	2,7	22,4	3,6	0,4
	Schweregeburt	13,7	10,7	8,3	22,2	7,4	4,3
Thrombozyten 100-800x10 <sup>9</sup> /l	Geburtsverlauf						
	keine Geburtshilfe	370,2	351,0	10,0	1228,0	179,5	13,7
	leichte Geburtshilfe	371,8	342,0	36,0	1105,0	181,8	22,4
	Schweregeburt	500,0	379,0	371,0	750,0	216,5	125,0
LDH 700-1400 U/l	Geburtsverlauf						
	keine Geburtshilfe	843,7	724,0	464,3	7756,1	753,4	57,4
	leichte Geburtshilfe	874,8	697,3	460,3	8823,9	1017,1	125,2
	Schweregeburt	746,5	744,4	590,3	904,8	157,3	90,8
GLDH 41 U/l	Geburtsverlauf						
	keine Geburtshilfe	20,5	11,5	2,9	425,2	46,7	3,6
	leichte Geburtshilfe	22,6	12,8	4,8	119,9	26,5	3,3
	Schweregeburt	51,2	54,3	10,7	88,6	39,0	22,5
γ-GT 100 U/l	Geburtsverlauf						
	keine Geburtshilfe	930,1	599,2	4,8	5437,6	975,7	74,4
	leichte Geburtshilfe	1032,1	586,7	10,3	6588,5	1277,6	157,3
	Schweregeburt	518,0	235,7	122,9	1195,4	589,4	340,3
IgG 12,6-17,8 mg/ml *	Geschlecht						
	männlich	19,7	18,0	1,5	51,3	11,0	1,2
	weiblich	23,3	20,5	4,2	49,1	11,2	1,2
Erythrozyten 5-10x10 <sup>12</sup> /l	Geschlecht						
	männlich	8,3	8,6	0,1	10,8	1,5	0,1
	weiblich	8,1	8,2	4,1	10,9	1,2	0,1
Hämatokrit 0,28-0,38 l/l	Geschlecht						
	männlich	0,4	0,4	0,2	0,5	0,1	0,0
	weiblich	0,4	0,4	0,2	0,5	0,1	0,0
Hämoglobin 5,6-8,7 mmol/l	Geschlecht						
	männlich	8,0	7,8	3,7	13,8	1,8	0,2
	weiblich	7,9	7,4	0,1	15,2	4,5	0,4
Leukozyten 4-12x10 <sup>9</sup> /l	Geschlecht						
	männlich	9,6	8,7	2,0	27,6	4,2	0,4
	weiblich	8,8	8,1	3,4	22,4	3,3	0,3
Thrombozyten 100-800x10 <sup>9</sup> /l	Geschlecht						
	männlich	352,0	326,0	10,0	1228,0	154,2	14,3
	weiblich	391,3	365,5	15,0	1226,0	200,6	18,0
LDH 700-1400 U/l	Geschlecht						
	männlich	866,1	749,5	496,8	8823,9	766,7	70,6
	weiblich	836,6	692,3	460,3	7756,1	885,2	79,8



Unabhängige Variable	Abhängige Variable	MITTEL-WERT	MEDIAN	MIN	MAX	SD	SE
<b>KALB</b>							
GLDH 41 U/l	Geschlecht männlich	25,1	13,3	2,9	495,2	49,2	4,5
	weiblich	18,0	10,1	3,3	339,3	33,8	3,0
$\gamma$ -GT 100 U/l	Geschlecht männlich	911,3	573,8	9,3	5437,6	1052,3	96,9
	weiblich	992,8	598,7	4,8	6588,5	1073,9	96,8
IgG 12,6-17,8 mg/ml	Zeitpunkt Kolostrumfütterung Stunden (h) post natum < 2 h	21,5	19,5	1,5	51,3	10,0	0,9
	≥ 2 h < 4 h	24,1	23,1	5,0	40,7	11,8	2,8
	≥ 4 h	22,6	16,7	3,3	46,2	14,7	3,5
Erythrozyten 5-10x10 <sup>12</sup> /l	Zeitpunkt Kolostrumfütterung Stunden (h) post natum < 2 h	8,2	8,2	4,1	10,9	1,4	0,1
	≥ 2 h < 4 h	8,5	8,8	6,0	9,9	1,0	0,2
	≥ 4 h	8,2	8,4	0,1	10,0	1,8	0,3
Hämatokrit 0,28-0,38 l/l	Zeitpunkt Kolostrumfütterung Stunden (h) post natum < 2 h	0,4	0,4	0,2	0,5	0,1	0,0
	≥ 2 h < 4 h	0,4	0,4	0,2	0,5	0,0	0,0
	≥ 4 h	0,4	0,4	0,2	0,5	0,1	0,0
Hämoglobin 5,6-8,7 mmol/l	Zeitpunkt Kolostrumfütterung Stunden (h) post natum < 2 h	7,8	7,4	0,1	15,2	4,1	0,3
	≥ 2 h < 4 h	7,8	7,8	5,5	9,9	1,0	0,2
	≥ 4 h	7,9	7,6	6,2	14,0	1,5	0,3
Leukozyten 4-12x10 <sup>9</sup> /l	Zeitpunkt Kolostrumfütterung Stunden (h) post natum < 2 h	8,8	8,3	2,0	22,4	3,3	0,3
	≥ 2 h < 4 h	9,9	9,0	4,7	15,5	2,8	0,5
	≥ 4 h	9,0	8,1	4,6	22,2	4,1	0,8
Thrombozyten 100-800x10 <sup>9</sup> /l	Zeitpunkt Kolostrumfütterung Stunden (h) post natum < 2 h	381,0	358,0	10,0	1228,0	195,4	15,5
	≥ 2 h < 4 h	342,0	314,5	132,0	592,0	109,9	20,8
	≥ 4 h	328,8	338,0	111,0	547,0	94,0	17,5
LDH 700-1400 U/l *	Zeitpunkt Kolostrumfütterung Stunden (h) post natum < 2 h	841,8	701,2	460,3	8823,9	872,3	79,2
	≥ 2 h < 4 h	754,7	728,3	566,0	1091,3	118,7	22,4
	≥ 4 h	1080,4	781,7	551,7	7250,0	1215,0	225,6
GLDH 41 U/l	Zeitpunkt Kolostrumfütterung Stunden (h) post natum < 2 h	23,6	11,6	2,9	495,2	50,3	4,0
	≥ 2 h < 4 h	14,2	10,1	6,6	90,7	15,6	2,9
	≥ 4 h	20,6	13,7	6,2	88,6	19,7	3,7

Unabhängige Variable	Abhängige Variable	MITTEL-WERT	MEDIAN	MIN	MAX	SD	SE
<b>KALB</b>							
$\gamma$ -GT 100 U/l	Zeitpunkt Kolostrumfütterung Stunden (h) post natum < 2 h	871,9	572,7	4,8	4908,6	900,5	71,4
	≥ 2 h < 4 h	933,3	861,4	16,9	2115,4	647,0	122,3
	≥ 4 h	1451,0	622,4	14,3	6588,5	1841,2	341,9
IgG 12,6-17,8 mg/ml	Kalb säuft Erstkolostrum bei Kuh ja	18,2	15,6	2,9	48,1	14,3	3,5
	nein	21,9	19,5	1,5	51,3	10,8	0,9
Erythrozyten 5-10x10 <sup>12</sup> /l	Kalb säuft Erstkolostrum bei Kuh ja	8,2	8,3	4,1	10,7	1,3	0,3
	nein	8,2	8,4	0,1	10,9	1,4	0,1
Hämatokrit 0,28-0,38 l/l	Kalb säuft Erstkolostrum bei Kuh ja	0,3	0,4	0,2	0,5	0,1	0,0
	nein	0,4	0,4	0,2	0,5	0,1	0,0
Hämoglobin 5,6-8,7 mmol/l *	Kalb säuft Erstkolostrum bei Kuh ja	8,5	7,9	3,7	13,0	2,3	0,5
	nein	7,8	7,6	0,1	55,2	3,6	0,2
Leukozyten 4-12x10 <sup>9</sup> /l *	Kalb säuft Erstkolostrum bei Kuh ja	11,5	10,3	4,9	27,6	5,7	1,1
	nein	8,9	8,4	2,0	22,4	3,4	0,2
Thrombozyten 100-800x10 <sup>9</sup> /l	Kalb säuft Erstkolostrum bei Kuh ja	401,0	345,0	97,0	1226,0	211,9	42,4
	nein	368,9	351,5	10,0	1228,0	176,5	12,0
LDH 700-1400 U/l	Kalb säuft Erstkolostrum bei Kuh ja	751,5	720,2	495,8	1116,7	136,1	27,2
	nein	862,5	721,3	460,3	8823,9	872,6	59,4
GLDH 41 U/l	Kalb säuft Erstkolostrum bei Kuh ja	17,1	13,5	5,3	72,0	13,8	2,8
	nein	22,0	11,6	2,9	495,2	44,2	3,0
$\gamma$ -GT 100 U/l *	Kalb säuft Erstkolostrum bei Kuh ja	912,0	579,2	10,3	4525,4	1080,8	216,2
	nein	957,6	597,3	4,8	6588,5	1062,2	72,3
Unabhängige Variable	Abhängige Variable	MITTEL-WERT	MEDIAN	MIN	MAX	SD	SE
<b>KUH</b>							
IgG-Serum 16,4-30,4 mg/ml *	Jahreszeit Frühling	29,9	27,6	2,6	88,0	11,3	0,7
	Sommer	31,7	27,9	4,8	75,1	12,8	0,8
	Herbst	25,9	24,7	12,8	67,4	8,6	0,6
	Winter	31,1	29,3	5,4	76,7	11,1	0,8
IgG-Kolostrum 24-80 mg/ml	Jahreszeit Frühling	57,3	53,6	3,0	195,6	27,6	1,8
	Sommer	57,5	54,2	3,0	195,6	27,6	1,8
	Herbst	57,4	55,2	3,0	195,6	27,5	1,9
	Winter	57,5	55,2	3,0	195,6	27,7	1,9



Unabhängige Variable	Abhängige Variable	MITTEL-WERT	MEDIAN	MIN	MAX	SD	SE
<b>KUH</b>							
<i>Erythrozyten</i>  <i>5-10x10<sup>12</sup>/l</i>	<i>Jahreszeit</i>						
	Frühling	6,1	6,0	4,3	16,6	1,0	0,1
	Sommer	6,0	5,9	4,3	8,6	0,8	0,0
	Herbst	6,0	5,8	2,3	9,8	0,9	0,1
	Winter	6,0	5,7	0,4	5,4	3,5	0,2
<i>Hämatokrit</i>  <i>0,28-0,38 l/l</i>	<i>Jahreszeit</i>						
	Frühling	0,3	0,3	0,2	0,4	0,0	0,0
	Sommer	0,3	0,3	0,2	0,3	8,6	0,6
	Herbst	0,3	0,3	0,1	0,5	0,0	0,0
	Winter	0,3	0,3	0,2	0,4	0,0	0,0
<i>Hämoglobin</i>  <i>5,6-8,7 mmol/l</i>	<i>Jahreszeit</i>						
	Frühling	6,7	6,5	4,7	9,0	0,9	0,1
	Sommer	6,8	6,4	3,4	12,0	1,5	0,1
	Herbst	6,4	6,4	0,1	11,3	1,1	0,1
	Winter	6,1	6,1	0,6	8,0	1,0	0,1
<i>Leukozyten</i>  <i>5-10x10<sup>9</sup>/l</i>	<i>Jahreszeit</i>						
	Frühling	6,9	6,0	4,3	16,6	2,3	0,2
	Sommer	7,2	6,8	0,9	32,4	2,8	0,2
	Herbst	6,7	6,1	3,2	22,9	2,3	0,2
	Winter	6,5	5,8	2,5	7,8	5,2	0,4
<i>Thrombozyten</i>  <i>100-800x10<sup>9</sup>/l</i> *	<i>Jahreszeit</i>						
	Frühling	320,5	316,5	45,0	1097,0	123,0	8,0
	Sommer	335,7	331,0	25,0	2260,0	181,3	11,9
	Herbst	336,6	324,0	22,0	1290,0	149,3	10,0
	Winter	398,0	348,5	48,0	1237,0	203,6	13,9
<i>LDH</i>  <i>700-1400 U/l</i>	<i>Jahreszeit</i>						
	Frühling	1089,5	1024,9	10,9	1940,8	282,2	18,4
	Sommer	1166,9	1096,0	720,8	2587,6	293,2	19,2
	Herbst	1035,5	1010,9	640,3	2320,7	213,4	14,3
	Winter	1029,9	975,7	503,3	2202,1	249,9	17,0
<i>GLDH</i>  <i>30 U/l</i>	<i>Jahreszeit</i>						
	Frühling	14,7	10,4	0,4	117,3	15,8	1,0
	Sommer	15,6	10,8	4,2	163,3	16,9	1,1
	Herbst	15,4	11,8	3,7	76,3	11,1	0,7
	Winter	14,8	11,4	3,0	99,6	12,5	0,9
<i>γ-GT</i>  <i>50 U/l</i>	<i>Jahreszeit</i>						
	Frühling	25,1	21,0	11,5	463,4	30,5	2,0
	Sommer	31,8	21,8	10,9	1824,2	120,6	7,9
	Herbst	27,0	24,1	9,6	326,4	22,4	1,5
	Winter	27,6	23,3	8,5	330,3	25,3	1,7
<i>Körperinnen-temperatur</i>  °C	<i>Jahreszeit</i>						
	Frühling	38,3	38,3	36,4	40,1	0,5	0,0
	Sommer	38,2	38,2	36,5	40,2	0,5	0,0
	Herbst	38,2	38,3	36,2	40,6	0,5	0,0
	Winter	37,9	38,1	37,4	39,4	0,4	0,2

Unabhängige Variable	Abhängige Variable	MITTEL-WERT	MEDIAN	MIN	MAX	SD	SE
<b>KUH</b>							
IgG-Serum 16,4-30,4 mg/ml	Haltung der Kühe						
	1) AoW	28,7	26,8	2,6	73,5	10,7	0,7
	2) LoW	29,6	26,6	4,8	76,7	11,6	0,8
	3) AmW	29,5	27,5	10,6	75,1	10,6	0,7
	4) LmW	30,4	27,3	11,2	88,0	12,2	0,8
IgG-Kolostrum 24-80 mg/ml *	Haltung der Kühe						
	1) AoW	48,0	46,1	13,1	99,2	16,9	1,1
	2) LoW	57,4	56,7	12,9	111,7	22,6	1,6
	3) AmW	63,8	60,3	6,7	147,7	31,6	2,0
	4) LmW	60,3	60,5	3,0	195,6	32,1	2,1
Erythrozyten 5-10x10 <sup>12</sup> /l	Haltung der Kühe						
	1) AoW	6,1	6,0	4,3	16,6	1,0	0,1
	2) LoW	6,0	5,9	4,3	9,6	0,8	0,1
	3) AmW	6,1	5,8	4,2	5,4	3,2	0,2
	4) LmW	5,9	5,8	0,4	8,1	0,8	0,1
Hämatokrit 0,28-0,38 l/l	Haltung der Kühe						
	1) AoW	0,6	0,3	0,2	3,7	2,8	0,2
	2) LoW	0,6	0,3	0,2	3,4	3,0	0,2
	3) AmW	1,0	0,3	0,2	3,1	4,4	0,3
	4) LmW	1,8	0,3	0,1	3,4	6,5	0,4
Hämoglobin 5,6-8,7 mmol/l	Haltung der Kühe						
	1) AoW	6,5	6,4	4,3	11,4	1,0	0,1
	2) LoW	6,4	6,3	3,4	11,7	1,1	0,1
	3) AmW	6,5	6,3	0,1	11,3	1,2	0,1
	4) LmW	6,6	6,5	0,6	12,0	1,4	0,1
Leukozyten 5-10x10 <sup>9</sup> /l	Haltung der Kühe						
	1) AoW	7,0	6,5	2,5	32,4	2,7	0,2
	2) LoW	6,6	5,8	0,9	77,8	5,5	0,4
	3) AmW	7,0	6,6	3,3	22,9	2,3	0,1
	4) LmW	6,6	6,1	2,0	15,6	2,2	0,1
Thrombozyten 100-800x10 <sup>9</sup> /l	Haltung der Kühe						
	1) AoW	355,3	319,0	22,0	2260,0	206,8	13,6
	2) LoW	377,4	365,0	30,0	1237,0	161,1	11,5
	3) AmW	343,7	323,0	42,0	1237,0	159,2	10,1
	4) LmW	318,9	314,0	25,0	1018,0	139,4	9,0
LDH 700-1400 U/l	Haltung der Kühe						
	1) AoW	1077,6	1031,5	503,3	2127,5	263,2	17,2
	2) LoW	1035,6	1002,5	654,0	2086,4	237,2	16,9
	3) AmW	1116,8	1049,6	528,5	2587,6	277,1	17,4
	4) LmW	1087,9	1018,2	10,9	2320,7	276,1	17,8
GLDH 30 U/l	Haltung der Kühe						
	1) AoW	14,3	11,4	2,6	105,6	11,0	0,7
	2) LoW	16,0	10,7	3,0	163,3	17,3	1,2
	3) AmW	16,4	12,0	4,0	146,2	16,0	1,0
	4) LmW	13,5	10,2	0,4	99,6	12,0	0,8

Unabhängige Variable	Abhängige Variable	MITTEL-WERT	MEDIAN	MIN	MAX	SD	SE
<b>KUH</b>							
<i>γ-GT</i> 50 U/l	<i>Haltung der Kühe</i> 1) AoW 2) LoW 3) AmW 4) LmW	29,7 31,4 26,9 24,1	21,5 22,9 23,0 22,0	9,2 8,5 12,2 10,9	1824,2 463,4 405,5 123,4	118,2 45,6 26,6 10,5	7,7 3,2 1,7 0,7
<i>Lebensalter *</i> (Jahre)	<i>Haltung der Kühe</i> 1) AoW 2) LoW 3) AmW 4) LmW	4,7 5,9 6,2 6,2	4,0 5,0 6,0 6,0	3,0 2,0 3,0 2,0	11,0 14,0 11,0 15,0	1,9 2,4 2,0 3,0	0,1 0,2 0,1 0,2
<i>IgG-Serum</i> 16,4-30,4 mg/ml	<i>Mutterschutzimpfung</i> ja nein	30,0 29,4	28,0 26,8	12,1 2,6	75,1 88,0	10,1 11,3	0,8 0,4
<i>IgG-Kolostrum</i> 24-80 mg/ml	<i>Mutterschutzimpfung</i> ja nein	55,3 58,1	51,9 56,0	22,4 3,0	115,8 195,6	20,0 28,8	1,7 1,0
<i>IgG-Serum</i> 16,4-30,4 mg/ml	<i>Blutprobe post partal</i> <i>Blutprobe nicht post partal</i>	29,3 29,6	26,8 27,2	2,6 4,8	75,1 88,0	12,0 10,8	0,8 0,4
<i>Erythrozyten *</i> 5-10x10 <sup>12</sup> /l	<i>Blutprobe post partal</i> <i>Blutprobe nicht post partal</i>	6,5 5,8	6,5 5,7	4,3 0,4	16,6 55,4	1,0 2,0	0,1 0,1
<i>Hämatokrit *</i> 0,28-0,38 l/l	<i>Blutprobe post partal</i> <i>Blutprobe nicht post partal</i>	0,3 0,3	0,3 0,3	0,2 0,1	0,4 0,5	0,0 0,0	0,0 0,0
<i>Hämoglobin *</i> 5,6-8,7 mmol/l	<i>Blutprobe post partal</i> <i>Blutprobe nicht post partal</i>	7,6 6,1	7,4 6,1	5,0 0,1	12,0 11,3	1,2 0,9	0,1 0,0
<i>Leukozyten</i> 5-10x10 <sup>9</sup> /l	<i>Blutprobe post partal</i> <i>Blutprobe nicht post partal</i>	7,7 6,5	7,5 6,1	2,5 0,9	32,4 77,8	3,1 3,4	0,2 0,1
<i>Thrombozyten</i> 100-800x10 <sup>9</sup> /l	<i>Blutprobe post partal</i> <i>Blutprobe nicht post partal</i>	349,4 345,6	326,5 325,0	25,0 22,0	1237,0 2260,0	170,3 167,8	11,3 6,4
<i>LDH</i> 700-1400 U/l	<i>Blutprobe post partal</i> <i>Blutprobe nicht post partal</i>	1225,8 1030,0	1124,8 981,6	503,3 10,9	2587,6 2320,7	299,3 232,4	19,8 8,9
<i>GLDH</i> 30 U/l	<i>Blutprobe post partal</i> <i>Blutprobe nicht post partal</i>	12,2 16,0	8,7 12,0	2,6 0,4	146,2 163,3	15,6 13,7	1,0 0,5
<i>γ-GT</i> 50 U/l	<i>Blutprobe post partal</i> <i>Blutprobe nicht post partal</i>	32,8 26,3	20,6 23,0	9,2 8,5	1824,2 330,3	125,2 20,3	8,3 0,8
<i>Körperinnen-temperatur °C</i>	<i>Blutprobe post partal</i> <i>Blutprobe nicht post partal</i>	38,6 38,1	38,6 38,1	37,5 37,4	40,1 40,6	0,4 1,4	0,0 0,1
<i>IgG-Serum</i> 16,4-30,4 mg/ml	<i>Verschmutzungsgrad</i> keine Verschmutzung geringgradige Verschmutzung mittelgradige Verschmutzung hochgradige Verschmutzung	28,8 29,6 30,8 31,7	26,4 27,1 27,3 26,3	25,1 26,3 23,8 22,5	29,0 28,5 28,7 44,0	11,8 10,5 11,1 13,4	1,3 1,4 1,6 1,5
<i>IgG-Kolostrum</i> 24-80 mg/ml	<i>Verschmutzungsgrad</i> keine Verschmutzung geringgradige Verschmutzung mittelgradige Verschmutzung hochgradige Verschmutzung	57,6 59,2 54,6 55,5	55,9 54,7 51,3 57,5	6,7 3,0 3,0 6,3	147,7 195,6 195,6 93,4	25,7 30,1 26,9 20,0	1,4 1,6 2,1 3,7

Unabhängige Variable	Abhängige Variable	MITTEL-WERT	MEDIAN	MIN	MAX	SD	SE
<b>KUH</b>							
Körperinnen- temperatur  °C	Verschmutzungsgrad						
	keine Verschmutzung	38,25	38,2	36,0	40,6	0,6	0,0
	geringgradige Verschmutzung	38,22	38,2	36,2	40,1	0,5	0,0
	mittelgradige Verschmutzung	38,18	38,2	36,5	39,4	0,4	0,0
	hochgradige Verschmutzung	37,23	38,2	37,4	40,2	6,2	1,1

**Tabelle 40:** Prozentuale Verteilung der Kühe nach Haltungssystemen und Jahreszeiten sowie Einteilung der Kühe unterhalb, innerhalb ( $\geq 16,4$ -30,4 mg/ml) und oberhalb der Toleranzgrenzen hinsichtlich der Serum-IgG-Konzentration (mg/ml) von Kühen (Fürll, 2014)

Haltungssystem	Jahreszeit	IgG (mg/ml)				Gesamt
			< 16,4	$\geq 16,4$ - 30,4	> 30,4	
1) Anbindehaltung ohne Weidegang	Frühling	IgG (n)	6	34	22	62
		IgG (%)	9,7	54,8	35,5	100
	Sommer	IgG (n)	3	38	18	59
		IgG (%)	5	64,4	30	100
	Herbst	IgG (n)		42	14	56
		IgG (%)		75	24,6	100
	Winter	IgG (n)	4	31	20	55
		IgG (%)	7,3	56,4	36,4	100
2) Laufstall ohne Weidegang	Frühling	IgG (n)	3	30	18	51
		IgG (%)	5,9	58,9	35,3	100
	Sommer	IgG (n)	3	25	22	50
		IgG (%)	6	50	44	100
	Herbst	IgG (n)	3	35	11	49
		IgG (%)	6,1	71,4	22,4	100
	Winter	IgG (n)	1	27	22	50
		IgG (%)	2	54	44	100
3) Anbindehaltung mit Weidegang	Frühling	IgG (n)	2	33	27	62
		IgG (%)	3,2	53,2	43,5	100
	Sommer	IgG (n)	4	32	27	63
		IgG (%)	6,3	50,8	42,9	100
	<b>Herbst</b>	<b>IgG (n)</b>	<b>5</b>	<b>48</b>	<b>7</b>	<b>60</b>
		<b>IgG (%)</b>	<b>8,3</b>	<b>80</b>	<b>11,7</b>	<b>100</b>
	Winter	IgG (n)	1	35	21	57
		IgG (%)	1,8	43,9	36,8	100
4) Laufstall mit Weidegang	Frühling	IgG (n)	3	36	22	61
		IgG (%)	4,9	59	36,1	100
	Sommer	IgG (n)	2	30	29	61
		IgG (%)	3,3	49,2	47,5	100
	<b>Herbst</b>	<b>IgG (n)</b>	<b>7</b>	<b>44</b>	<b>11</b>	<b>62</b>
		<b>IgG (%)</b>	<b>11,3</b>	<b>71</b>	<b>17,7</b>	<b>100</b>
	Winter	IgG (n)	1	27	29	57
		IgG (%)	1,8	47,4	50,9	100

**Tabelle 41:** Verteilung der mittleren post partalen IgG-Konzentrationen (mg/ml) im Serum der Kühe und deren Kälber nach Haltungssystem und Betrieb sowie Darstellung der Betriebsgröße (n=Anzahl aller Milchkühe), der mittleren Laktationsanzahl (n) und Milchleistung der Kühe (kg/Jahr) für jeden Betrieb;

<sup>1</sup> = Schätzwerte (Angaben der Landwirte); <sup>2</sup> = mittlere IgG-Konzentration der Kühe (n=161), von denen innerhalb von 72 (n=152) bzw. 90 Stunden (n=9) post partum eine Blutprobe genommen werden konnte; <sup>3</sup> = mittlere IgG-Konzentration der 171 Kälber, die zwischen der 24.-72. (n=162) sowie 72.-90. (n=9) Lebensstunde post natum beprobt wurden;

Unterschiedliche Zahlenangaben (n) der Kühe (post partum) und Kälber sind auf die Tatsache zurückzuführen, dass Zwillingskälber (n=10) ebenso miteinberechnet wurden.

MW=Mittelwert

AoW=Anbindehaltung ohne Weidegang, LoW=Laufstall ohne Weidegang,

AmW=Anbindehaltung mit Weidegang, LmW=Laufstall mit Weidegang

Haltungs-system	Betriebs-nummer	Betriebs-größe <sup>1</sup> (n)	IgG-Kühe <sup>2</sup> MW (mg/ml)	IgG-Kälber <sup>3</sup> MW (mg/ml)	Laktation MW (n)	Milchleistung MW (kg/Jahr)
1) AoW	1	35	34,54 (n=7)	24,86 (n=7)	2,93	5,558
	2	40	24,87 (n=7)	22,91 (n=8)	3,70	6,062
	3	35	25,75 (n=8)	17,45 (n=8)	2,94	6,479
	4	15	23,01 (n=4)	29,33 (n=4)	1,53	6,280 <sup>1</sup>
	5	30	31,98 (n=7)	27,68 (n=9)	2,13	6,046
	6	30	32,24 (n=7)	20,04 (n=7)	3,10	6,312
2) LoW	7	60	28,56 (n=7)	18,43 (n=8)	3,13	8,835
	8	40	22,89 (n=7)	18,52 (n=7)	3,74	7,070
	9	35	28,33 (n=8)	16,87 (n=8)	3,30	5,296
	10	40	28,84 (n=5)	10,08 (n=6)	5,02	5,180
	11	40	26,62 (n=7)	25,29 (n=7)	3,50	5,585 <sup>1</sup>
3) AmW	12	30	32,96 (n=5)	19,61 (n=5)	3,36	7,002 <sup>1</sup>
	13	30	28,46 (n=8)	17,43 (n=8)	2,89	6,437
	14	30	29,41 (n=8)	33,73 (n=10)	4,37	5,383
	15	30	21,82 (n=8)	20,73 (n=8)	4,14	7,075
	16	35	32,01 (n=10)	20,73 (n=11)	4,24	6,619
	17	30	25,41 (n=6)	24,58 (n=6)	2,50	6,708
4) LmW	18	40	33,10 (n=7)	27,42 (n=7)	3,73	7,386
	19	55	35,11 (n=9)	22,44 (n=10)	2,10	5,402
	20	30	29,44 (n=5)	19,47 (n=6)	3,10	7,205 <sup>1</sup>
	21	12	22,09 (n=9)	23,49 (n=9)	3,00	5,318
	22	40	31,82 (n=6)	15,88 (n=6)	7,43	4,852 <sup>1</sup>
	23	40	38,73 (n=6)	13,17 (n=6)	4,30	5,000 <sup>1</sup>

**Tabelle 42:** Darstellung der aus der Literatur übernommenen Referenzbereiche bzw. Toleranzgrenzen (=T) für das Immunglobulin-G im Serum und Kolostrum, Parameter des roten und weißen Blutbildes sowie ausgewählter Leberenzyme von Kalb/Jungrind und Kuh [IgG-Kolostrum und Serum, Tizard (2013); Erythrozyten, Hämatokrit, Hämoglobin, Leukozyten, Thrombozyten, Moritz et al. (2014); IgG-Serum, Laktatdehydrogenase = LDH, Glutamatdehydrogenase = GLDH,  $\gamma$ -Glutamyltransferase =  $\gamma$ -GT bei Kuh, Kalb/Jungrind, Fürll (2014),  $\gamma$ -GT beim neugeborenen Kalb, Klee (1985); aufgrund aktueller Literaturangaben wurden die Referenzbereiche für Hämatokrit und GLDH beim Kalb (1 Tag post natum) nach Haser und Fürll (2015) eingefügt];

Bei manchen Blutparametern sind nur Toleranzgrenzen angegeben (IgG-Serum Kalb, LDH), nur beim IgG im Serum der Kuh bzw. GLDH beim Kalb können sowohl Toleranzgrenzen als auch der Referenzbereich für Serum-IgG bzw. GLDH aus der Literatur übernommen werden.

<b>Referenzbereiche Kalb und Kuh</b>			
Laborparameter	Einheit	Referenzbereiche Kalb	Referenzbereiche Kuh
IgG-Serum	mg/ml	<b>T: 12,60-17,80</b>	<b>T: 16,40-30,40 17,00-27,00 (Tizard)</b>
IgG-Kolostrum	mg/ml		<b>24,00-80,00</b>
Erythrozyten	x 10 <sup>12</sup> /l	<b>5,00-10,00</b>	<b>5,00-10,00</b>
Hämoglobin	mmol/l	<b>5,60-8,70</b>	<b>5,60-8,70</b>
Hämatokrit	l/l	<b>0,28-0,38 0,33-0,42 (Haser und Fürll)</b>	<b>0,28-0,38</b>
Leukozyten	x 10 <sup>9</sup> /l	<b>4,00-12,00</b>	<b>5,00-10,00</b>
Thrombozyten	x 10 <sup>9</sup> /l	<b>100,00-800,00</b>	<b>100,00-800,00</b>
LDH	U/l	<b>T: 700,00-1400,00</b>	<b>T: 700,00-1400,00</b>
GLDH	U/l	<b>T: bis 41,00 7,50-16,30 (Haser und Fürll)</b>	<b>T: bis 41,00</b>
$\gamma$ -GT	U/l	<b>T: bis 12,00 (Fürll) ab 100,00 (Klee)</b>	<b>T: bis 50,00</b>

**Tabelle 43:** Vergleich der Referenzbereiche bzw. Toleranzgrenzen (=T) für das Immunglobulin-G im Serum, Parameter des roten und weißen Blutbildes sowie ausgewählter Leberenzyme des Kalbes/Jungrindes aus der Literatur [Erythrozyten, Hämatokrit, Hämoglobin, Leukozyten, Thrombozyten, Moritz et al. (2014); IgG- Serum, Laktatdehydrogenase = LDH, Glutamatdehydrogenase = GLDH,  $\gamma$ -Glutamyltransferase =  $\gamma$ -GT beim Kalb/Jungrind, Fürll (2014),  $\gamma$ -GT beim neugeborenen Kalb, Klee (1985)], mit den in dieser Studie ermittelten Referenzbereichen des neugeborenen Fleckviehkalbes: die Kälber wurden nicht später als 90 Stunden post natum beprobt; IgG-Serum (n=171), alle anderen Blutparameter (n=242).

In der Literatur wurden Referenzbereiche/Toleranzgrenzen für das Kalb/Jungrind nur hinsichtlich des Immunglobulin-G, der Leukozyten sowie der  $\gamma$ -GT angegeben; aufgrund aktueller Literaturangaben wurden die Referenzbereiche von Haser und Fürll (2015) für Hämatokrit und GLDH beim neugeborenen Kalb (1 Tag post natum) eingefügt; bei den übrigen Laborparametern wurden beim Kalb aufgrund fehlender Literaturangaben die gleichen Referenzbereiche wie für das adulte Rind verwendet.

<b>Referenzbereiche Kalb</b>			
Blutparameter	Einheit	Referenzbereiche Literatur <b>Kalb/Jungrind</b>	Referenzbereiche eigene Studie <b>Neugeborenes Kalb</b>
IgG-Serum	mg/ml	<b>T:12,60-17,80</b>	<b>bis 46,30</b>
Erythrozyten	x 10 <sup>12</sup> /l	<b>5,00-10,00</b>	<b>4,80-10,50</b>
Hämoglobin	mmol/l	<b>5,60-8,70</b>	<b>4,60-12,50</b>
Hämatokrit	l/l	<b>0,28-0,38</b> <b>0,33-0,42 (Haser und Fürll)</b>	<b>0,20-0,50</b>
Leukozyten	x 10 <sup>9</sup> /l	<b>4,00-12,00</b>	<b>3,80-20,00</b>
Thrombozyten	x 10 <sup>9</sup> /l	<b>100,00-800,00</b>	<b>90,40-1072,10</b>
LDH	U/l	<b>T: 700,00-1400,00</b>	<b>523,70-1765,80</b>
GLDH	U/l	<b>T: bis 41,00</b> <b>7,50-16,30 (Haser und Fürll)</b>	<b>4,80-101,40</b>
$\gamma$ -GT	U/l	<b>T: bis 12,00</b> <b>ab 100,00 (Klee)</b>	<b>13,20-4136,30</b>



**Tabelle 44:** Vergleich der Referenzbereiche bzw. Toleranzgrenzen (=T) für das Immunglobulin-G im Serum und Kolostrum, Parameter des roten und weißen Blutbildes sowie ausgewählter Leberenzyme der Kuh aus der Literatur [IgG-Kolostrum und Serum, Tizard (2013); Erythrozyten, Hämatokrit, Hämoglobin, Leukozyten, Thrombozyten, Moritz et al. (2014); IgG- Serum, Laktatdehydrogenase = LDH, Glutamatdehydrogenase = GLDH,  $\gamma$ -Glutamyltransferase =  $\gamma$ -GT, Fürll (2014)], mit den in dieser Studie ermittelten Referenzbereichen der Kuh (Deutsches Fleckvieh):

Der eigens ermittelte Referenzbereich für das kolostrale IgG wurde aus 231 Kolostrumproben errechnet, alle anderen Blutparameter stammen von 237 Kühen, die zu jeder Jahreszeit einmalig beprobt wurden.

<b>Referenzbereiche Kuh</b>			
Laborparameter	Einheit	Referenzbereiche Literatur	Referenzbereiche eigene Studie
IgG-Serum	mg/ml	<b>T:16,40-30,40 (Fürll) 17,00-27,00 (Tizard)</b>	<b>14,90-59,30</b>
IgG-Kolostrum	mg/ml	<b>24,00-80,00</b>	<b>13,10-120,10</b>
Erythrozyten	x 10 <sup>12</sup> /l	<b>5,00-10,00</b>	<b>4,60-7,30</b>
Hämoglobin	mmol/l	<b>5,60-8,70</b>	<b>4,70-7,70</b>
Hämatokrit	l/l	<b>0,28-0,38</b>	<b>0,22-0,35</b>
Leukozyten	x 10 <sup>9</sup> /l	<b>5,00-10,00</b>	<b>3,80-11,70</b>
Thrombozyten	x 10 <sup>9</sup> /l	<b>100,00-800,00</b>	<b>94,80-793,70</b>
LDH	U/l	<b>T: 700,00-1400,00</b>	<b>721,40-1609,30</b>
GLDH	U/l	<b>T: bis 41,00</b>	<b>5,50-53,30</b>
$\gamma$ -GT	U/l	<b>T: bis 50,00</b>	<b>14,70-50,00</b>

## DANKSAGUNG

---

Mein besonderer Dank gilt Herrn **Prof. Dr. Dr. Michael H. Erhard** für die Bereitschaft, mir dieses -für mich persönlich sehr interessante- Thema zu überlassen sowie die mir gewährte Unterstützung bei der Anfertigung dieser Dissertation.

Ganz herzlich bedanken möchte ich mich bei Frau **Dr. Elke Rauch** für ihre immer freundliche, hilfsbereite und geduldige Unterstützung in sämtlichen Fragestellungen vor, während und nach dem Verfassen dieser Arbeit. Ich konnte mich immer auf ihre Hilfe verlassen und fühlte mich stets bestens beraten und betreut.

Herrn **PD Dr. Sven Reese** möchte ich für seine äußerst engagierte, kompetente und hilfsbereite Unterstützung bei der statistischen Auswertung der in dieser Studie erzielten Ergebnisse aufrichtig danken.

Ein großes Dankeschön an alle Mitarbeiter des Instituts für Tierschutz, Verhaltenskunde, Tierhygiene und Tierhaltung. Insbesondere danken möchte ich **Christina Hoeborn, Nicole Zobel** und **Hermann Kuchler** für ihre stets hilfsbereite und freundliche Unterstützung bei der Arbeit im Labor.

Vielen Dank allen an dieser Studie teilnehmenden 23 **Landwirten** aus dem oberbayerischen Raum für ihre Zeit, die sie mir bei der Probenentnahme entgegenbrachten und ihre geduldige Beantwortung meiner Fragen zu ihren Kühen und Kälbern.

Danke **Rainer** für dein Interesse an dieser Arbeit und Beantwortung all meiner Fragen, die Bereitstellung des praxiseigenen Labors und die Zeit, die ich für diese Doktorarbeit in Anspruch nehmen musste und die mir von dir großzügig gewährt wurde.

Mein großer Dank gilt **Franz**, der mich in jeglicher Stimmungslage während des Anfertigens meiner Doktorarbeit unterstützt und aufgebaut hat. Danke, dass ich mich immer auf deine Hilfe und deine technischen Fähigkeiten verlassen konnte.